

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
Departamento de Zoología y Antropología



TESIS DOCTORAL

**Comparación metodológica del análisis de la composición corporal : antropometría, bioimpedancia y excreción de creatinina**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
PRESENTADA POR

**María Lara Callejo Gea**

DIRECTOR:

**María Dolores Marrodán Serrano**

Madrid, 2015



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE



5325629841

T 572.027  
CAL  
COM



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA FÍSICA

MARIA LARA CALLEJO GEA

"COMPARACIÓN METODOLÓGICA  
DEL ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL:  
ANTROPOMETRÍA, BIOIMPEDANCIA  
Y EXCRECIÓN DE CREATININA"

DIRECTORA: M<sup>a</sup> DOLORES MARRODÁN SERRANO

135816410



Memoria para optar al grado de  
Doctora en Ciencias Biológicas,  
presenta M<sup>a</sup> Lara Callejo Gea.

V<sup>o</sup> B<sup>o</sup>, la Directora de la Tesis:

*M<sup>a</sup> Dolores Marrodán*

Dra. M<sup>a</sup> Dolores Marrodán Serrano  
Prof. Titular de Antropología Física  
Facultad de Ciencias Biológicas  
Universidad Complutense de Madrid



*A mi familia y amigos,  
a los de siempre y a los que vendrán*

## *Agradecimientos*

*“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”*

*Albert Einstein*

*A la hora de emprender la realización de una Tesis hay que tener en cuenta que ésta tiene al menos una doble finalidad, como es formar académicamente a la persona que la ha hecho, y al mismo tiempo, que con su divulgación se pueda aportar algo nuevo y de interés para la Comunidad Científica. Espero que la que he conseguido presentar hoy, después de mucho tiempo y esfuerzo, cumpla ambos objetivos, el primero sin duda alguna creo que sí se ha alcanzado.*

*Dentro de los numerosos agradecimientos, y espero no olvidarme de nadie, quiero mencionar a:*

*Universidad Complutense de Madrid, por el proyecto concedido en el año 1999, PR/99-8513, gracias al cual se pudo comprar parte del instrumental utilizado en la toma de los datos.*

*Los Profesores de la UCM y de la UAH: Marisol M., Marisa G-M. y José Luis P., por prestarme su ayuda en todo momento, no sólo en este trabajo sino en muchos otros, en los cuales siempre se han preocupado de que saliera hacia delante.*

*Profesora de la UCM Lola Marrodán, Mi Directora, ya que he conseguido realizar este proyecto gracias a su paciencia, sus ánimos, y su sabiduría. Creo que en una Tesis son importantes muchos factores, el entusiasmo del investigador, el tema de estudio, los medios económicos..., pero en este caso la principal causa de que esté finalizada y presentada es Lola. Por eso muchas gracias, te deseo lo mejor a ti y a toda tu familia.*

*Doctorandos, compañeros con los que he compartido alegrías y desánimos, algunos ya han conseguido presentarla (¡enhorabuena!), otros están en ello (¡ánimo!) y quizás demasiados no han contado con la suerte que he tenido yo y por diversos motivos no han podido hacerla (¡que os vaya muy bien!).*

*A todos ellos además de agradecerles la relación de tipo académico que han tenido conmigo también su amistad, que espero siempre permanezca ya que es una de las cosas más importantes.*

*Amigos (Almudena E., Leticia J., Marta A., Raquel P. y "Mis Chicos"... ) y Familia (José C., Fina G., Alan C., Mariví B., Alan Junior C., Mary S., José Luis L., ...), por su ayuda en todos los aspectos de mi vida. Ellos son el motor sin el cual no habría conseguido avanzar...*

# ÍNDICE

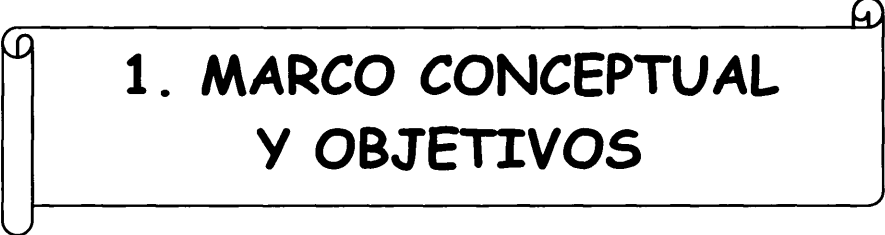
<b>1. MARCO CONCEPTUAL Y OBJETIVOS.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>3</b>
1.1.1. Composición corporal.....	3
1.1.2. Compartimentos corporales.....	5
1.1.2.1. Tejidos.....	6
1.1.2.2. Masas parciales.....	8
1.1.2.3. Distribución de agua.....	12
1.1.3. Métodos según la tecnología.....	13
1.1.4. Métodos según el fraccionamiento.....	17
<b>1.2. OBJETIVOS.....</b>	<b>21</b>
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1. MUESTRA.....</b>	<b>28</b>
<b>2.2. ANTROPOMETRÍA.....</b>	<b>28</b>
2.2.1. Aparatos empleados.....	29
2.2.2. Medidas directas.....	29
2.2.2.1. Estatura y peso.....	30
2.2.2.2. Pliegues.....	30
2.2.2.3. Perímetros.....	32
2.2.2.4. Diámetros.....	34
2.2.3. Fundamento del método.....	37
2.2.4. Índices y ecuaciones de pliegues.....	37
2.2.5. Modelo Phantom.....	39

<b>2.3. ANÁLISIS DE BIOIMPEDANCIA.....</b>	<b>45</b>
2.3.1. Instrumental utilizado.....	46
2.3.2. Procedimiento de medida.....	47
2.3.3. Fundamento del método.....	50
2.3.4. Ecuaciones empleadas.....	59
<b>2.4. DETERMINACIÓN DE CREATININA.....</b>	<b>62</b>
2.4.1. Instrumental de medida.....	63
2.4.2. Valoración en orina.....	63
2.4.3. Fundamento del método.....	71
2.4.4. Ecuaciones empleadas.....	83
<b>2.5. ESTADÍSTICA.....</b>	<b>87</b>
2.5.1. Estadística descriptiva.....	87
2.5.2. Estadística comparativa.....	87
2.5.2.1. Coeficientes de correlación.....	89
2.5.2.2. Método gráfico Bland y Altman.....	93
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>99</b>
<b>3.1. ANTROPOMETRÍA.....</b>	<b>101</b>
3.1.1. Medidas antropométricas directas.....	101
3.1.2. Indicadores de adiposidad.....	104
3.1.3. Fraccionamiento por Phantom .....	106
3.1.4. Comparación entre Phantom, Durnin y Womersley con Siri, y Yuhasz.....	115

<b>3.2. BIOIMPEDANCIA.....</b>	<b>120</b>
3.2.1. Medida de bioimpedancia.....	120
3.2.2. Fraccionamiento por diversas ecuaciones.....	120
3.2.3. Comparación entre ecuaciones de bioimpedancia.....	129
<b>3.3. CREATININA.....</b>	<b>141</b>
3.3.1. Medida de creatinina.....	141
3.3.2. Fraccionamiento por diversas ecuaciones.....	143
3.3.3. Comparación entre ecuaciones de creatinina.....	145
<b>3.4. CORRELACIÓN Y CONCORDANCIA ENTRE MÉTODOS.....</b>	<b>149</b>
3.4.1. Antropometría frente bioimpedancia.....	149
3.4.1.1. Phantom-Bioimpedancia.....	150
3.4.1.2. Durnin y Womersley con Siri-Bioimpedancia....	164
3.4.1.3. Yuhasz-Bioimpedancia.....	176
3.4.2. Creatinina frente antropometría y bioimpedancia.....	188
<b>4. DISCUSIÓN.....</b>	<b>203</b>
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA.....	205
4.2. COMPOSICIÓN CORPORAL MEDIANTE ANTROPOMETRÍA.....	210
4.3. COMPOSICIÓN CORPORAL POR BIOIMPEDANCIA.....	222
4.4. COMPOSICIÓN CORPORAL A PARTIR DE CREATININA.....	234
4.5. ANTROPOMETRÍA FRENTE BIOIMPEDANCIA.....	239
4.6. CREATININA FRENTE ANTROPOMETRÍA Y BIOIMPEDANCIA	249

4.7. VALORACIÓN FINAL.....	255
5. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	257
6. BIBLIOGRAFÍA.....	273
7. APÉNDICE.....	309
7.1. APÉNDICE I.....	311
7.2. APÉNDICE II.....	313
7.3. APÉNDICE III.....	314





## **1. MARCO CONCEPTUAL Y OBJETIVOS**



## **1.1. MARCO CONCEPTUAL**

En este capítulo se hace una breve revisión del concepto de composición corporal y se indaga en las distintas estructuras en las cuales se puede dividir el cuerpo humano. También se examinan algunas de las técnicas que con mayor frecuencia se emplean en su valoración, no obstante, como es lógico, de entre todas ellas se profundiza en las que particularmente se utilizan en este trabajo en el siguiente apartado, es decir, en el correspondiente a materiales y métodos. Por último, se abordan los tipos de fraccionamiento que pueden establecerse en esta clase de investigaciones.

### **1.1.1. Composición corporal**

Antes de empezar un trabajo centrado en la composición corporal se necesita partir de una idea más o menos clara del significado de dicho término. Desde un punto de vista antropológico una de las propuestas más antiguas que se conocen, en relación a la estructura del cuerpo humano, es la establecida por Hipócrates (460-377 a. C.), en la misma se considera que éste posee cuatro integrantes: sangre, flema, bilis negra y bilis amarilla. Además, por primera vez, se pone de manifiesto la influencia que ejerce el medio sobre los caracteres físicos del ser humano (Comas, 1957).

El estudio de la composición corporal surge como una parte de la biología humana, que se centra en el estudio y cálculo de las proporciones de los volúmenes parciales que pueden establecerse en el cuerpo (Brozek *et al.*, 1963; Parizkova,

1977). Más recientemente, Malina y Bouchard (1991) describen la composición corporal como la expresión de una adaptación morfofisiológica a causas ecológicas diversas, entre las cuales, se pueden citar a modo de ejemplo: la alimentación, el ejercicio físico y el clima. A esta definición se debe añadir la importancia que tiene la contribución de la variabilidad genética (Shephard, 1991; Sánchez-Andrés, 1992), ya que las discrepancias en constitución corporal, con independencia de las causas citadas anteriormente, son también atribuibles a las diferencias genéticas existentes a nivel poblacional e individual.

De una manera más precisa Wang *et al.* (1992) hacen referencia a este término como: *"aquella rama de la biología humana que se ocupa de la cuantificación in vivo de los componentes corporales, las relaciones cuantitativas entre los componentes y los cambios en los mismos relacionados con varios factores influyentes"*.

En esta última acepción queda claro que la información que aporta resulta de vital importancia, en especial, cuando se observa su variación en función de parámetros como el sexo, la edad y la etapa ontogénica. De hecho su estudio permite hacer una valoración nutricional del individuo, mediante la cual es posible identificar problemas alimenticios y detectar situaciones de riesgo, tal es el caso de obesidad, anorexia y malnutrición. Por tanto, se puede afirmar que la estimación de la composición corporal es básica en trabajos de crecimiento, práctica deportiva y nutrición.

En definitiva, es una disciplina que tiene una historia de más de 150 años y cuyo desarrollo ha sido muy amplio y ha ido parejo al de otros campos dentro de la

biología humana, como son: bioquímica, citología e histología, anatomía y nutrición (Wang *et al.*, 1999a).

Cuando se procede a valorar la composición corporal en un individuo se puede realizar a varios niveles: atómico, molecular, celular y tisular; como se observa en la figura 1.1 el número de componentes que se va a determinar en cada caso es distinto. En los estudios antropológicos principalmente se establecen las denominadas masas parciales que equivaldrían al nivel tisular.

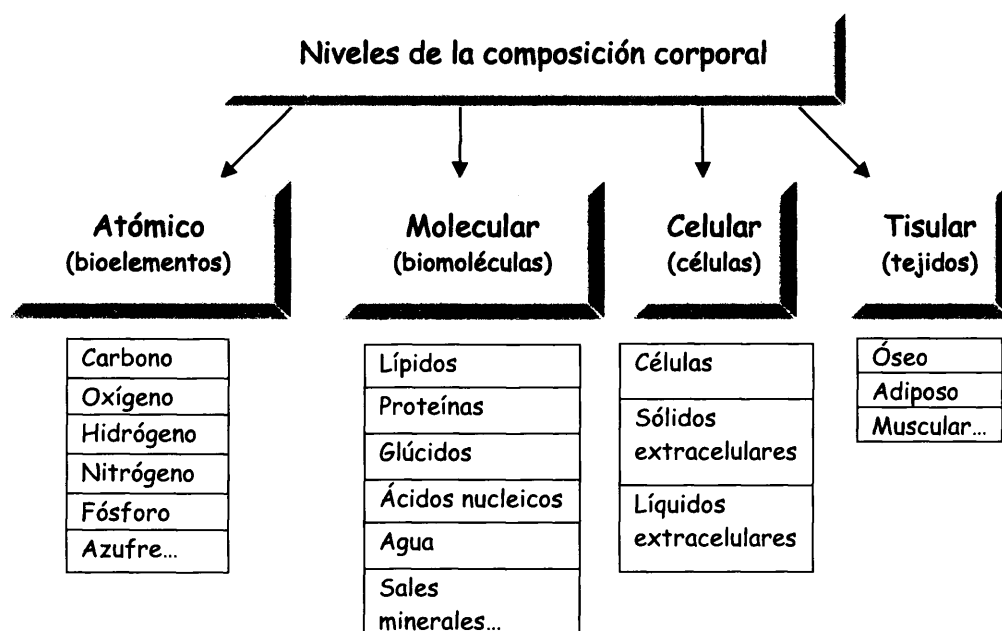


Figura 1.1. Niveles de la composición corporal y sus componentes.

### 1.1.2. Compartimentos corporales

En los estudios de composición corporal a nivel tisular hay que tener en cuenta que las técnicas de valoración realmente no van a estimar un tejido concreto, sino más bien una determinada masa parcial en la que predomina uno u

otro tejido. Las diferentes propiedades que éstos tienen, como por ejemplo la heterogeneidad que muestran en el reparto del agua, permiten aplicar técnicas para identificarlos y cuantificarlos. Partiendo de estos condicionantes, cabe hacer una breve revisión del concepto y de los tipos de tejidos, de su distribución en las masas corporales y de la presencia de agua en los mismos.

#### 1.1.2.1. Tejidos

Las células animales son altamente especializadas y se agrupan formando una gran variedad de tejidos, en cada uno de los cuales suele haber numerosas clases de células, y entre ellas, se dispone la denominada sustancia intercelular, que es rica en fibras proteínicas, agua y sales minerales. Los principales tejidos constituyentes de las masas parciales son:

*Tejido epitelial:* integrado por células poco modificadas y entre las que prácticamente no existe sustancia intercelular. En general se encarga de recubrir superficies del cuerpo, tanto interna como externamente.

*Tejido conjuntivo:* está formado por células con forma estrellada denominadas fibroцитos y la sustancia intercelular es rica en fibras de colágeno, reticulina y elastina. Una de las principales funciones que efectúa es la de unir a todos los demás tejidos del cuerpo, proporcionando alimento y protección, en tal caso el conjuntivo es rico en vasos sanguíneos y fagocitos.

*Tejido adiposo:* constituido por células llamadas adipocitos que poseen una gran gota de grasa en su interior, así como, por fibras reticulares con abundante vascularización. Se distinguen dos tipos según su localización: el adiposo visceral y

el subcutáneo, aproximadamente la mitad de la grasa se encuentra alojada en este último, por ello, presenta una alta correlación con la grasa total del cuerpo (Lohman, 1981; Rodríguez, 1992). Como sinónimo de este tejido se emplea el término de tejido graso o lipídico, aunque hay que aclarar que un lípido se define bioquímicamente como una molécula extraíble mediante determinadas soluciones orgánicas, por ejemplo el éter, y dentro de los distintos tipos de lípidos se encontrarían las grasas.

*Tejido muscular:* posee células alargadas llamadas fibras musculares, que son capaces de contraerse al recibir un estímulo, debido a que en su citoplasma, o sarcoplasma, predominan las proteínas contráctiles actina y miosina. Según la disposición de las citadas proteínas sea formando o no bandas se distinguen respectivamente el músculo estriado y el liso. Este último es de contracción lenta e involuntaria mientras que en el estriado siempre es rápida, y se divide a su vez en otros dos: el estriado cardíaco y el estriado esquelético, dependiendo de si su contracción se realiza de manera involuntaria o voluntaria respectivamente. El 75% del tejido muscular esquelético se concentra en las extremidades superiores e inferiores (Gallagher *et al.*, 1997).

*Tejido óseo:* contiene varios tipos de células óseas, fibras de tipo colágeno y matriz sólida y rígida, que le permite ser muy resistente, a ésta principalmente la forman las sales minerales de tipo carbonato y fosfato. Hay dos clases: el compacto, que está integrado por laminillas compactas, de ahí su nombre, y que constituye la parte tubular de los huesos largos así como la externa de todos los

huesos; el esponjoso, en cuyo interior se encuentra la médula ósea roja, y que se distribuye en las cabezas de los huesos largos y en la totalidad de los cortos.

### 1.1.2.2. Masas parciales

En la constitución de un individuo se distinguen diversas masas parciales, en la figura 1.2 se muestran cinco de las principales, que son: piel, muscular, ósea, grasa y residual. En la misma, se observa también como los porcentajes con que contribuye cada una de ellas a la masa total de un sujeto varían ampliamente, esto se puso de manifiesto principalmente a partir del estudio anatómico de cadáveres (Buskirk y Mendez, 1984; Clarys *et al.*, 1984; Martin *et al.*, 1986; Ross *et al.*, 1986). Las causas de estas oscilaciones son atribuibles a diferencias en el sexo, la edad, y a la propia variabilidad individual.

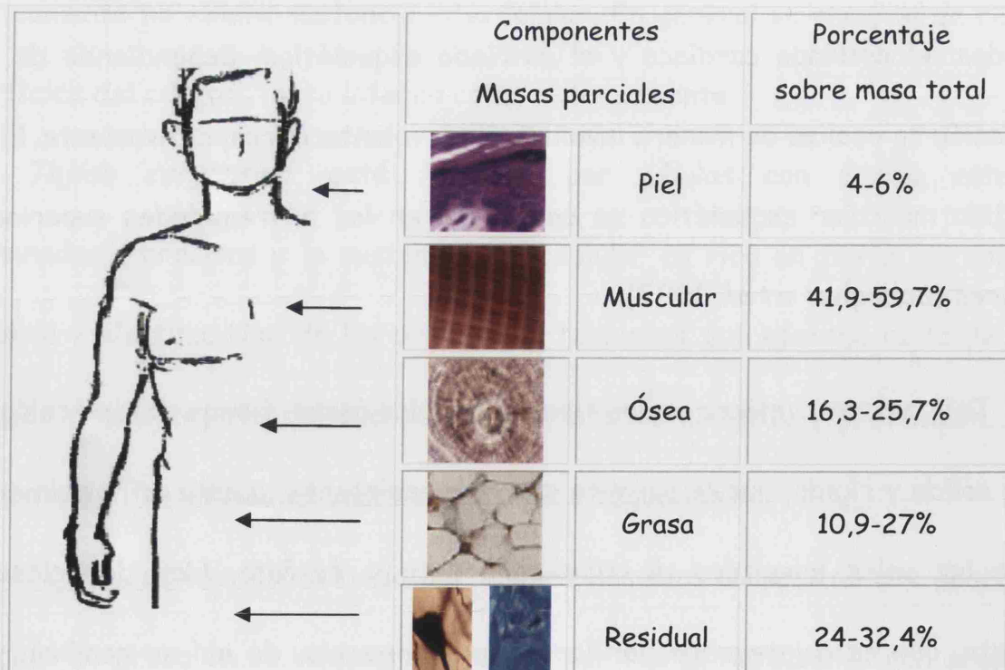


Figura 1.2. Constitución corporal por masas parciales.  
(Fotos de tejidos de González y Recio, 2001).



La constitución de cada una de las mencionadas masas es la que se describe a continuación:

*Masa de la piel:* la piel es un órgano formado por un determinado tipo de tejido epitelial llamado epidermis y por una clase de conjuntivo denominada dermis.

*Masa muscular:* principalmente se corresponde con el tejido muscular estriado esquelético, ya que el estriado cardíaco es menos abundante y se corresponde con el que se localiza en el corazón, y el liso que es el que se dispone más internamente, en órganos, glándulas, etc. El músculo posee aproximadamente un 80% de agua y un 20% de proteínas (Behnke y Wilmore, 1974; Cohn *et al.*, 1980; Cohn *et al.*, 1981a,b). Las proteínas que contiene representan más del 60% de todas las presentes en el cuerpo, expresado en términos energéticos suponen una alta cantidad de calorías, 20.000-30.000 kcal, de las cuales un 70-80% pueden ser usadas en periodos de balance energético negativo. Su cuantificación, en relación a parámetros como el sexo y la edad, es por tanto objeto de numerosos estudios, sobretodo en los relacionados con malnutrición proteico-energética (Burkinshaw *et al.*, 1979; Heymsfield *et al.*, 1979; Heymsfield *et al.*, 1982a,b,c; Forsberg *et al.*, 1991).

*Masa ósea:* lo integra el tejido óseo, que forma el esqueleto interno característico de la mayoría de los vertebrados.

*Masa grasa (FM, en inglés se denomina fat mass):* hace referencia al tejido adiposo, el cual se deposita en el cuerpo de dos formas diferentes (Rodríguez, 1992). Por un lado, está la grasa interna, formada por fosfolípidos que se almacenan en el tuétano de los huesos, los órganos, el sistema nervioso central y

algo en los músculos, además, en el sexo femenino se localiza también en las caderas, las glándulas mamarias y en la región inferior del cuerpo (grasa sexual). Por otro lado, se encuentra la de depósito o reserva, que aparece en la región subcutánea o lo que es lo mismo por debajo de la piel (panículos adiposos), ésta sirve como protección a los órganos internos y de reserva energética al acumular triacilglicéridos en los adipocitos, varía según sexo y edad. Aproximadamente la de tipo subcutáneo concentra el 50-60% de la grasa corporal total, por ello se utiliza el espesor de los panículos para evaluar este compartimento (Santana *et al.*, 2003).

*Masa residual:* excluyendo dermis, epidermis, adiposo, óseo y muscular esquelético, el resto de los tejidos humanos que se encuentran formando todos los órganos.

En ocasiones cuando se establecen modelos con pocos componentes se definen otras masas, cuyas equivalencias conviene aclarar:

*Masa magra* (LBM, en inglés se nombra lean body mass): en ella se incluye prácticamente todo lo que no es masa grasa, es decir, aproximadamente un 50% corresponde a masa muscular, un 20% a ósea y el resto a residual. Incluye también todo el agua extracelular, por ello un 75% de este compartimento es agua (Forbes, 1987), e incluso algo de grasa; como la contenida en membranas celulares y en el tejido nervioso, alcanza un porcentaje del 2 al 4%, y es ligeramente superior en mujeres con valores del 8% al 12%, ésta es la llamada grasa esencial (Behnke *et al.*, 1942; Behnke y Wilmore, 1974).

*Masa libre de grasa* (FFM, en inglés se conoce como fat free mass): incluye todos los componentes no grasos del organismo frente a la totalidad de las grasas

del cuerpo, luego no incluye por ejemplo la grasa del tejido nervioso. Algunos métodos que la estiman son la bioimpedancia y la densiometría, ya que estas técnicas no miden nada de grasa corporal, por tanto, no sería del todo correcto decir que calculan masa magra (LBM). En este sentido algunos investigadores como Lohman (1992) señalan que ambos términos deben diferenciarse.

Teniendo esto en cuenta, hay que hacer constar que se utiliza el vocablo de masa grasa (FM) indistintamente se obtenga por procedimientos muy diferentes, por ejemplo se puede estimar mediante:

- Pliegues subcutáneos: se calcula la grasa de reserva o subcutánea, y a partir de ella se estima la masa adiposa corporal por medio de constantes que relacionan los dos depósitos de grasa ( $FM = \text{ecuaciones de pliegues}$ ).

- De restar a la masa total la cantidad correspondiente a LBM ( $FM = \text{masa total} - LBM$ ). Equivale principalmente a la grasa de reserva o subcutánea y recoge parte de la interna.

- Al restar a la masa total el valor de la FFM ( $FM = \text{masa total} - FFM$ ), en tal caso difiere algo de la anterior ya que incluye a toda la grasa, tanto la de reserva como la interna.

No obstante, todas ellas serían de valor parecido y por eso se emplea el mismo término, e incluso algunos autores consideran que de igual forma se pueden usar como sinónimos la masa magra (LBM) y la masa libre de grasa (FFM) (Forbes, 1987); y de hecho así se recoge en muchos artículos, pese a que como se ha remarcado anteriormente no son exactamente lo mismo.

### 1.1.2.3. Distribución de agua

El porcentaje corporal de agua en individuos adultos supone de media un 60% (Keys y Brozek, 1953), este valor es algo inferior en mujeres, en torno a un 5% menos, como consecuencia de la presencia de una mayor cantidad de grasa, la cual es de marcado carácter hidrófobo. También varía con la edad, ya que alcanza valores próximos al 90% durante el primer mes de vida intrauterina y baja hasta un 53% a partir de los 65 años (Tanner, 1962). En el organismo el agua se encuentra en dos compartimentos, dentro de las células (intracelular) y fuera de las mismas (extracelular). Si se considera que hay de media un total de un 60% de agua corporal aproximadamente un 20-25% correspondería a extracelular, es decir, se dispone rodeando a las células o, lo que es lo mismo, en la sustancia intersticial de los tejidos; mientras que un 35-40% es intracelular, esto es, se sitúa formando citoplasma y nucleoplasma (Tanner, 1962; Olesen, 1965).

Ahora bien, el agua presente en el organismo no se distribuye uniformemente, integra la mayor parte de ciertos tejidos, tal es el caso del sanguíneo y el nervioso, siendo también muy abundante en el muscular, ya que compone el 72-74% de su peso, así como en la piel, donde ocupa un 72%. Por eso teniendo en cuenta que en la masa magra se encuentran, entre otros, el tejido nervioso, el muscular y el agua extracelular, es con diferencia la masa que contiene la mayoría del agua del cuerpo. Por el contrario, en el tejido o masa grasa, en cuyos adipocitos abundan los lípidos de tipo triacilglicérido, que son hidrófobos, el porcentaje de agua baja hasta un 20-25% (Azael *et al.*, 2003). Este último valor,

es decir, la presencia de agua, es debido a que en ciertas células adiposas no se almacenan lípidos en su interior, unido al hecho de que en la matriz intercelular también se incorpora en cierta cantidad dicha biomolécula (Roche, 1987). Así mismo, es pequeña su presencia en los huesos, su porcentaje es del orden del 22%, y más todavía en los dientes, con tan sólo un 10%.

Una vez establecido qué es la composición corporal y sus componentes hay que considerar cómo se efectúa su cálculo, para ello se han ido diseñando numerosos métodos, algunos de los mismos se detallan a continuación. Su agrupación se ha efectuado según dos criterios, por un lado, el fundamento técnico en el que se basan, y por otro, el número de compartimentos que determinan.

### **1.1.3. Métodos según la tecnología**

Se debe distinguir entre los métodos directos, que son los únicos que calculan los componentes corporales reales ya que se basan en la disección de cadáveres, y los indirectos, los cuales utilizan diversas formas para hallar dichos componentes si bien sólo los estiman, ya que emplean distintas constantes que relacionan el parámetro medido con la masa que se desea valorar. A partir de estos últimos se calculan los doblemente indirectos, diferenciados sólo por algunos autores como Porta y Tejedo (1993), que se caracterizan por emplear ecuaciones desarrolladas a partir de métodos indirectos (figura 1.3).

Hay que indicar que los procedimientos de determinación directa tienen gran dificultad en realizarse, de ahí su escasez, pero son muy importantes ya que ofrecen el soporte teórico necesario para los análisis de tipo indirecto.

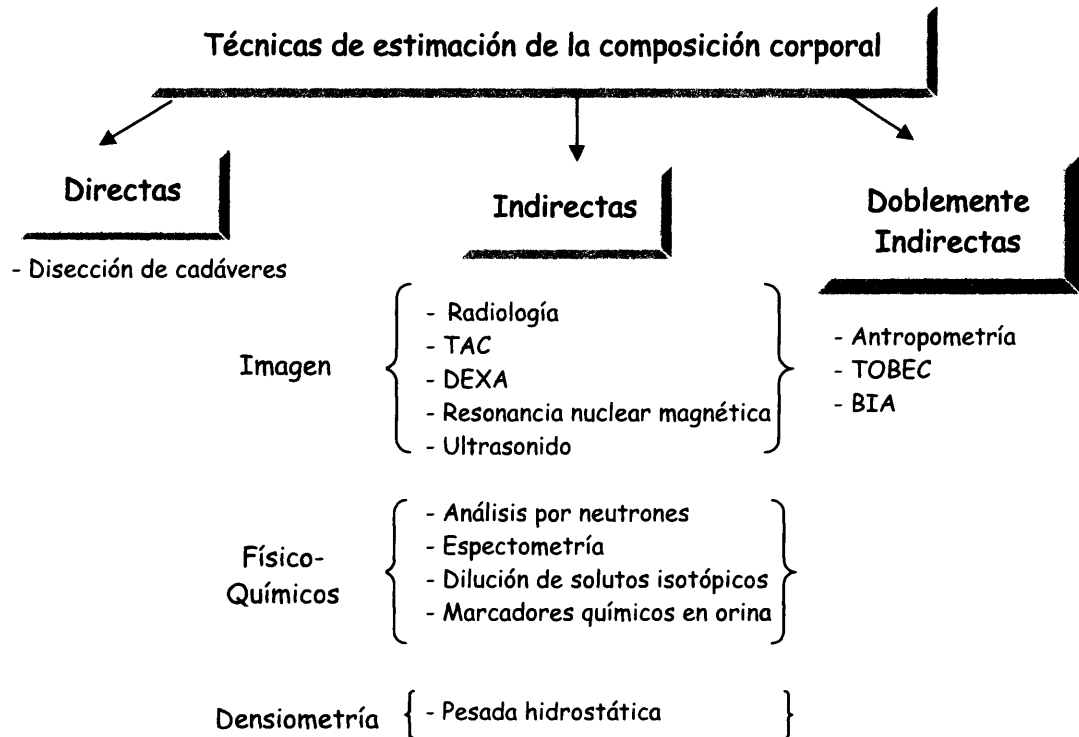


Figura 1.3. Técnicas de composición corporal.

El desarrollo tecnológico ha permitido usar procedimientos muy diversos, si bien no todos ellos son aplicables con regularidad, debido, entre otras causas, a que no son del todo precisos o a su elevado coste. En las tablas 1.1.a y 1.1.b se exponen algunos de los más utilizados (Mallard *et al.*, 1980; Lukaski *et al.*, 1981; Lukaski, 1987; Roche *et al.*, 1991; Shephard, 1991; Porta *et al.*, 1993; Heymsfield *et al.*, 1995; Ellis, 2000; Lama, 2001; Wells y Fewtrell, 2006).

*Marco conceptual y objetivos*

Técnica	Fundamento	Determinación	Ventajas	Inconvenientes
Dissección de cadáveres	Se diseccionan por completo y se pesan sus componentes.	Directa de los tejidos.	Medida directa y real.	Laborioso. Número muestral bajo.
Radiología	Capacidad de los tejidos en absorber rayos X según su densidad (más absorbancia en los más densos).	De hueso, músculo y grasa subcutánea.	Rápida y sencilla.	Exposición a rayos X. Útil en extremidades. Baja precisión en tejidos blandos. Cara.
TAC Tomografía axial computerizada	Capacidad de los tejidos en absorber los rayos X. Uso de escáner para obtener imágenes tridimensionales por secciones.	De hueso, músculo, grasa subcutánea e interna.	Información más precisa que con la radiografía.	Exposición a rayos X. Útil en determinadas regiones. Cara.
DEXA Absorción fotónica por rayos X	El sujeto absorbe una radiación fotónica proporcional al mineral del hueso. Con dos haces de rayos X se puede estimar la masa grasa por medio de imágenes.	Masa magra, dentro de ésta la ósea y muscular, y grasa.	Igual que radiografía y TAC.	Exposición a rayos X. Cara.
Resonancia nuclear magnética	El sujeto se tumba en el interior de un imán y se le aplican ondas electromagnéticas; que absorben los núcleos de los átomos del H del agua corporal originándose otras ondas. Un ordenador transforma ondas en imágenes.	Se distingue estado de hidratación, tejidos grasos y no grasos.	Precisa. No hay exposición a radiación perjudicial.	Cara.
Ultrasonido	Un sonido de alta frecuencia se dirige al organismo, las ondas sonoras se reflejan según la densidad y elasticidad del tejido. El patrón de "los ecos" es convertido en una imagen móvil.	Tejidos con alto contenido en líquido.	No invasiva.	No es útil para determinar masa ósea. Cara.
Análisis de activación por neutrones	Se bombardean neutrones que son captados por bioelementos formando isótopos inestables, que al pasar a estables emiten rayos gamma medibles.	Masa magra (a partir del contenido en Nitrógeno).	Precisa.	Exposición a radiación ionizante. Cara.
Espectrometría: potasio corporal total	Se basa en que en el cuerpo hay una cantidad más o menos constante del isótopo radiactivo 40 del potasio; especialmente abundante en la masa muscular.	Tejido muscular.	Sin riesgo. No invasiva.	Se necesita sala aislada sin interferencias de radiación terrestre o cósmica. Costosa.

Tabla 1.1.a. Técnicas de determinación de la composición corporal.

Técnica	Fundamento	Determinación	Ventajas	Inconvenientes
Dilución de solutos isotópicos	Introducir un soluto radiactivo y tras repartirse calcular el volumen de la disolución. Se mide fácilmente el agua con deuterio.	Estiman agua corporal, masa magra y cantidad de grasa.	Fácil administración y rápida distribución.	Uso de isótopos radiactivos. Cara.
Marcadores químicos en orina	Creatinina: procede de la fosfocreatina, la cual se almacena en el músculo. Se determina en orina y plasma.	Tejido muscular esquelético.	No invasiva.	Influencia de dieta y ejercicio. Orina de 24 h y varios días.
	3-Metilhistidina: se forma por metilación del aminoácido histidina, indicativo de las proteínas actina y miosina de las fibras musculares. Se excreta en orina.	Tejido muscular esquelético.	No invasiva.	Método apropiado en dietas sin carne. Requiere alta colaboración del sujeto.
Densimetría: pesada hidrostática	Se basa en el principio de Arquímedes, se pesa al individuo en el aire y dentro de un recipiente con agua. Mide el volumen de agua desplazada al efectuar la inmersión.	Densidad corporal. A partir de ésta la masa grasa y libre de grasa.	No invasiva.	Disponer de un tanque para introducir al individuo. Baja precisión en delgados.
Antropometría	Se determina peso, estatura, perímetros, diámetros y pliegues subcutáneos en diversos puntos del tronco y extremidades.	Masa grasa, muscular y ósea.	Sencilla. Rápida. Bajo coste. No invasiva.	Baja la precisión en obesos.
TOBEC	Mide el cambio en la impedancia a la energía eléctrica generada en el campo electromagnético en el que es introducido el individuo.	Masa libre de grasa.	Sencilla.	Variabilidad según factores: volumen de líquidos, posición al medir y tipo de aparato. Cara.
Conductancia eléctrica corporal total	La corriente circula mejor a través del compartimiento libre de grasa; es decir, los electrolitos presentes en dicha masa poseen casi toda la conductividad.		Rápida. No invasiva.	
BIA Bioimpedancia eléctrica	Similar al TOBEC pero en este caso se mide la impedancia o resistencia corporal introduciendo una pequeña corriente alterna en el sujeto de estudio.	Masa libre de grasa.	Sencilla. Rápida. No invasiva.	Igual que TOBEC pero menos cara.

Tabla 1.1.b. Técnicas de determinación de la composición corporal.



#### 1.1.4. Métodos según el fraccionamiento

Como ya se ha indicado el análisis de la composición corporal consiste en el cálculo de las distintas fracciones que constituyen la masa total del individuo, y se basa en la aplicación de una o varias de las técnicas descritas en el apartado anterior (figura 1.3, tablas 1.1.a y 1.1.b).

Entre los primeros estudios realizados para su valoración se encuentran los de Matiegka, que en 1921 y a partir de medidas antropométricas desarrolló una serie de fórmulas que permitían estimar la masa de la piel, el tejido subcutáneo, el músculo esquelético, los huesos, y el "remanente", que comprendía los diferentes órganos, vísceras y líquidos. De los pliegues cutáneos obtenía la grasa y la piel, de los perímetros de las extremidades la masa muscular, y por último, de los diámetros sobre las articulaciones la ósea. Los tejidos no incluidos los englobaba en el denominado "remanente" y los calculaba por defecto. El desarrollo de este modelo tetracompartimental se fundamentó en medidas de los tejidos objeto de estudio y en datos obtenidos de la disección de cadáveres de Vierord (1906).

A partir de este momento se produjo un notable incremento en este tipo de trabajos, Behnke *et al.* (1942) introdujeron el principio de Arquímedes (278-212 a. C.) para desarrollar fórmulas de densidad, y nació así el concepto o modelo de dos componentes: la masa grasa y la masa libre de grasa. Desde entonces los protocolos de la densiometría han sido constantemente mejorados, y ha sido considerado como el método de referencia para la valoración de la composición corporal en el que todas las demás técnicas tienen que buscar su validación científica (Porta y

Tejedo, 1993). Por su parte los modelos basados en dos componentes, los cuales se pueden estimar no sólo por densiometría sino por medio de diversas técnicas, son de los más utilizados en la actualidad.

En 1953 Keys y Brozek elaboraron las primeras ecuaciones de regresión con las que se calculaba la masa grasa a partir de pliegues (citados por García y Alayón, 1999). A partir de entonces se propusieron numerosas expresiones matemáticas para cuantificar principalmente dicho componente, usando como validación la densidad hallada por pesada hidrostática (Jackson *et al.*, 1980).

Hoy en día existen numerosas fórmulas que permiten el cálculo del porcentaje de grasa a partir de la densidad, como son, entre otras, las ecuaciones de: Siri (1961), Brozek *et al.* (1963), Behnke y Wilmore (1974) y Lohman *et al.* (1984). A su vez, la densidad puede estimarse por el método de la densiometría y por antropometría, empleando pliegues subcutáneos, en éstas se usan transformaciones logarítmicas para hallar la densidad. Pero también hay otras fórmulas predictivas que directamente estiman el porcentaje de grasa a partir de pliegues, citadas en la bibliografía se encuentran cuantiosas de ambos tipos, entre ellas las de: Sloan *et al.* (1962), Durnin y Rahaman (1967), Sloan (1967), Forsyth y Sinning (1973), Durnin y Womersley (1974), Yuhasz (1974), Jackson y Pollock (1978), Jackson *et al.* (1980), Lohman (1981), Johnston (1982), Slaughter *et al.* (1988), Peterson *et al.* (2003) y Shaikh y Mahalanabis, (2004).

Retomando los trabajos que determinan más de dos fracciones corporales, en 1980, y basándose en la técnica tetracompartimental de Matiegka, Drinkwater y Ross elaboraron un método que utiliza el modelo asexual Phantom (Ross y Wilson,

1974), el cual es un modelo de referencia humano construido en base a un gran número de datos poblacionales. El mismo consistía básicamente en comparar diversas medidas antropométricas con las establecidas en Phantom y a partir de esos datos calcular las cuatro fracciones corporales: masa ósea, muscular, grasa y residual. Posteriormente en las Tesis Doctorales elaboradas por Drinkwater (1984) y Kerr (1988) se desarrollaron otros fraccionamientos en los que como novedad se añadía la piel como quinto componente.

Sobre los modelos multicompartimentales anteriormente descritos hay que considerar el análisis realizado en la Universidad de Vrije de Bruselas, en el que se estudió la anatomía de 25 cadáveres de belgas de entre 55-94 años de edad (Clarys *et al.*, 1984; Martin *et al.*, 1986). Este trabajo se efectuó con tres objetivos: ampliar la reducida base de datos sobre composición corporal en cadáveres humanos, someter los modelos actuales de estimación a una validación directa, y por último, generar otros nuevos a partir de los datos obtenidos. No obstante, los resultados determinaron algunas limitaciones que hay que valorar, como son que: las proporciones corporales de masa ósea y muscular presentan un amplio rango de variación, hay diferencias en la comprensibilidad de la grasa de los pliegues subcutáneos, así como, en la variabilidad en la relación entre dicha grasa y la interna.

Además, hay que tener en cuenta que los modelos de fraccionamiento asumen ciertas premisas no del todo exactas, como por ejemplo, que la composición de la masa libre de grasa tiene una densidad constante de 1,1 g/ml a 37°C y un

contenido de agua del 72-74%, mientras que el componente graso tiene una densidad constante de 0,9 g/ml a 37°C.

La correspondiente al tejido adiposo es válida sólo para una parte, la compuesta por los triglicéridos, ya que el resto de los lípidos del cuerpo, como son los fosfolípidos y el colesterol, poseen una densidad superior. Así mismo, existen variaciones en estas densidades de acuerdo al sexo y a la edad, especialmente en la masa magra ya que incluye componentes corporales tan distintos como son masa muscular, ósea y residual (Lohman, 1982; Martin, 1984). De hecho mediante el estudio de cadáveres, anteriormente mencionado, también se corroboró que la densidad ósea puede variar desde 1,15 a 1,33 g/ml.

En definitiva, los principales constituyentes que se pueden determinar en el cuerpo son cinco: piel, grasa, músculo, hueso y masa residual. En ocasiones las técnicas que se emplean no permiten discernirlos, como con la técnica de bioimpedancia, y por ello, muchos de los estudios se basan en modelos bicompartimentales. Si bien, como es lógico, los multicompartimentales (más de dos) proporcionan información más detallada y completa en la estimación de la composición corporal, por lo que según el tipo de trabajo que desee realizarse en ocasiones es imprescindible su utilización (figura 1.4).

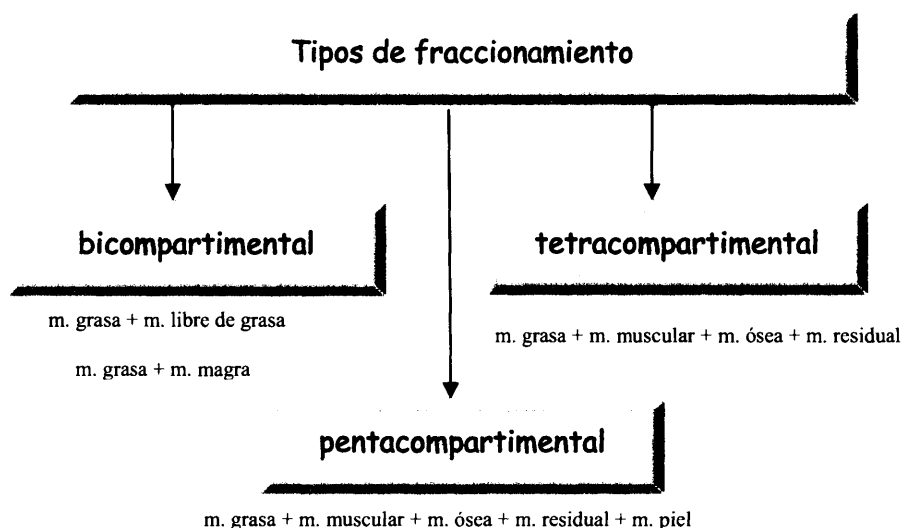


Figura 1.4. Modelos de fraccionamiento en compartimentos. m. = masa.

## 1.2. OBJETIVOS

Conviene recalcar que el cálculo de la composición corporal se puede efectuar a partir de numerosas variables, y por eso, la selección de una técnica adecuada según el estudio que se desee realizar entraña una cierta dificultad. Garrow y Webster (1985) han propuesto que hay que considerar cinco factores a la hora de seleccionar una técnica como la ideal en un estudio de campo: 1) el coste inicial, 2) la dificultad en toma de los datos, 3) el coste de uso y mantenimiento, 4) la repetibilidad de la técnica y 5) la precisión en la valoración del componente corporal. Teniendo en cuenta estos requerimientos en este estudio se han seleccionado tres en función, principalmente, de que precisan un bajo coste y son de fácil utilización: antropometría, bioimpedancia y creatinina en orina. A lo largo

del presente trabajo se estudiará como se comportan respecto al resto de los puntos señalados por Garrow y Webster (1985).

En este tipo de investigaciones una vez tomados los datos otro problema a considerar es la elección de la ecuación o ecuaciones a emplear. Como afirma Martin (1984) la mayoría de ellas sólo pueden ser aplicadas en poblaciones muy similares de la que se extrajeron, de lo contrario pueden subestimar o sobreestimar los valores. Además, aún partiendo de sujetos de características similares hay otras dificultades, por ejemplo, el comparar resultados obtenidos por el uso de metodologías distintas o, dentro de la misma, por el empleo de expresiones matemáticas diferentes. Así como, al contrastar variables que no son exactamente iguales, tal es el caso de la masa libre de grasa con la magra, todo ello va a dar lugar a un cierto grado de error que hay que tener en cuenta a la hora de extraer conclusiones.

En definitiva: ¿Qué técnica y ecuaciones emplear? ¿Qué grado de similitud hay entre unas y otras? ¿Cuándo son comparables los datos procedentes de dos estudios? ¿Cómo establecer una herramienta que con cierta certeza señale la concordancia entre métodos?, partiendo de estas reflexiones se puede formular como hipótesis de la presente Tesis:

**"Para comparar resultados obtenidos por procedimientos distintos hay que establecer previamente el grado de similitud entre las diferentes metodologías empleadas".**

Más concretamente, partiendo de la hipótesis anterior, los objetivos de este trabajo son:

Estimar la composición corporal a nivel tisular de una muestra de población juvenil y estudiar su variación en función del sexo, estableciendo patrones generales aplicables a la población española.

Emplear y analizar modelos de fraccionamiento de dos y cuatro componentes, utilizando la técnica indirecta de creatinina en orina y las doblemente indirectas de antropometría y bioimpedancia.

Validar el fraccionamiento tetracompartimental de Drinkwater y Ross (1980), basado en la táctica Phantom (Ross y Wilson, 1974), y compararlo con las ecuaciones de Durnin y Womersley (1974), combinado con Siri (1961), y Yuhasz (1974).

Analizar la técnica de bioimpedancia eléctrica y contrastar los resultados de las ecuaciones utilizadas.

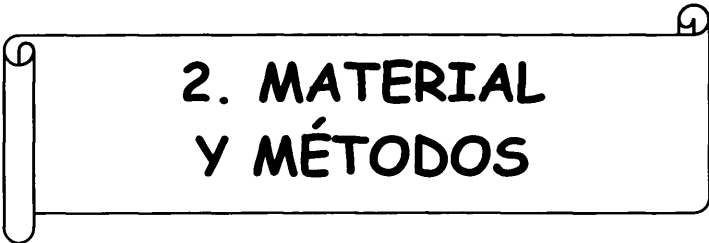
Examinar el método de excreción de creatinina en orina y las expresiones matemáticas manejadas.

Determinar qué parámetros estadísticos permiten estudiar la existencia de concordancia entre procedimientos distintos.

Establecer el grado de concordancia entre las ecuaciones de antropometría, bioimpedancia y creatinina en orina. Valorando su aplicabilidad en el ámbito clínico y epidemiológico.







## 2. MATERIAL Y MÉTODOS



## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

En el presente estudio este apartado adquiere una relevancia especial ya que uno de sus principales objetivos es la comparación de métodos. Por ello, además de describir la metodología seguida, en cada uno de los procedimientos utilizados, se ha creído conveniente incluir algunos de los condicionantes que influyen en la toma y aplicación de las variables recogidas.

Cabe precisar que los instrumentos de medida empleados fueron calibrados previamente a su uso, así como que los sujetos participantes dieron su consentimiento informado. La toma de datos se efectuó a primera hora de la mañana, en los laboratorios situados en la Unidad Docente de Antropología Física de la Facultad de Ciencias Biológicas, y en el Departamento de Enfermería de la Escuela de Enfermería, Fisioterapia y Podología, ambos situados en la Universidad Complutense de Madrid. Para analizar la composición corporal a nivel tisular se ha empleado una técnica indirecta, como es la basada en la excreción de creatinina urinaria, y dos doblemente indirectas, la antropometría y la bioimpedancia. A partir de la información suministrada se han aplicado diversos modelos de fraccionamiento que se muestran en el siguiente cuadro resumen (tabla 2.1).

Técnica	Componentes
1. Pliegues-Antropometría	m. grasa
2. Phantom-Antropometría	m. ósea + m. muscular + m. grasa + m. residual
3. Bioimpedancia*	m. libre de grasa
4. Creatinina en orina	m. libre de grasa

Tabla 2.1. Modelos de fraccionamiento efectuados.  
m. = masa parcial. \* Puede incluir variables antropométricas.

## 2.1. MUESTRA

La componen 282 individuos, 204 mujeres y 78 varones, con edades comprendidas entre 18 y 25 años. La misma ha sido obtenida durante los años 2000-2001 a partir de estudiantes de la Universidad Complutense de Madrid, que de acuerdo a su procedencia pueden considerarse representativos de la población española (las fichas de muestreo se recogen en el apéndice I). Como se observa en la tabla 2.2 hay una mayor presencia de individuos del sexo femenino, esto se debe a que la muestra pertenece a alumnos de la Facultad de Biología y de la Escuela de Enfermería, estudios en los que los varones están menos representados.

Edad	Varones	Mujeres
18	5	45
19	9	22
20	19	16
21	15	24
22	4	38
23	2	29
24	10	8
25	14	22
Total	78	204

Tabla 2.2. Distribución de la muestra.

## 2.2. ANTROPOMETRÍA

Desde los comienzos de la Antropología Física éste es uno de los métodos más utilizados, dada su relativa sencillez y porque su instrumental es de bajo coste y fácilmente transportable, de hecho se considera una técnica de campo ideal.

### 2.2.1. Aparatos empleados

- Antropómetro: se utiliza para la medida de la estatura y de ciertos diámetros corporales, es desmontable en 4 segmentos, con una longitud de 210 cm y una precisión de  $\pm 1$  mm. Marca Siber-Hegner Machinery Ltd. (Zurich, Suiza).

- Balanza: se emplea en el cálculo de la masa total o peso, modelo portátil con una precisión de  $\pm 0,5$  kg.

- Cinta métrica: se usa en los perímetros corporales, es flexible, metálica e indeformable. Precisión  $\pm 1$  mm. Marca Siber-Hegner Machinery Ltd. (Zurich, Suiza).

- Compás: mide los diámetros pequeños, como los de las extremidades. Precisión  $\pm 1$  mm. Marca Siber-Hegner Machinery Ltd. (Zurich, Suiza).

- Calibre de grasa o adipómetro: se utiliza en los pliegues de grasa subcutánea, con una precisión de  $\pm 2$  mm. Modelo Holtain Ltd. (Dyfed, Reino Unido).

### 2.2.2. Medidas directas

Para la generalidad de las medidas se colocó al sujeto de pie, con los talones juntos, y las extremidades inferiores formando aproximadamente un ángulo de  $45^\circ$ , brazos extendidos a lo largo del cuerpo y las palmas de las manos hacia el interior. La cabeza se situó según el plano de Frankfort, posición tal que se forma una línea imaginaria, paralela al suelo y perpendicular al eje longitudinal del cuerpo, entre el orificio auricular y el borde inferior de la órbita (Ross *et al.*, 1978; Knussman, 1988). Las dimensiones biométricas han sido tomadas en el lado

izquierdo, según la metodología establecida por el Programa Internacional de Biología (I.B.P.) y descrita por Weiner y Lourie (1981). Se han elegido, entre otras, aquellas que son necesarias para poder hallar las ecuaciones de pliegues de Durnin y Womersley (1974) y Yuhasz (1974), los índices de cintura-cadera y masa corporal, así como, el modelo tetracompartimental de Drinkwater y Ross (1980) basado en Phantom (Ross y Wilson, 1974).

#### **2.2.2.1. Estatura y peso**

- Estatura (cm): distancia entre el vértex (punto más elevado del cráneo) y el plano plantar o del suelo, se toma según el plano sagital (divide al cuerpo en dos mitades: derecha e izquierda).

- Peso (kg): aunque se utiliza frecuentemente el vocablo peso, en términos físicos la variable medida corresponde a la masa total o cantidad de materia del individuo.

#### **2.2.2.2. Pliegues**

- Pliegues de grasa subcutánea (mm): se valora la cantidad de tejido adiposo subcutáneo, la musculatura tiene que estar relajada y el adipómetro se aplica a un centímetro por debajo de los dedos que coloca el medidor, que previamente y durante toda la medición sujetan al pliegue. Los pliegues estudiados, como puede observarse en la figura 2.1, son:

- Tricipital: se mide verticalmente, en la parte posterior del brazo y a la mitad de la distancia entre el punto

acromio (situado en el borde más externo y superior de la apófisis acromial) y el radial (borde superior y lateral de la cabeza del radio).

- Bicipital: se toma verticalmente, en la parte anterior del brazo y en el mismo punto que el tricipital.
- Subescapular: se adquiere situando el calibre oblicuamente (formando un ángulo de  $45^{\circ}$  con la horizontal), desde dentro hacia fuera y en el borde inferior de la escápula.
- Supraespinal o suprailíaco: se mide situando el calibre oblicuamente desde fuera hacia dentro y aproximadamente a 5 cm por encima de la espina ilíaca antero-superior.
- Abdominal: se toma verticalmente y aproximadamente a 5 cm a la derecha del ombligo.
- Muslo anterior o frontal: el sujeto permanece sentado, con los pies apoyados en el suelo y con las piernas formando un ángulo de  $90^{\circ}$ . Se mide verticalmente, en la cara anterior del muslo, en el punto medio que une el borde proximal de la rótula y el pliegue inguinal.
- Pantorrilla: el calibre se sitúa verticalmente, se localiza en la máxima circunferencia de la pierna y en su cara lateral interna.

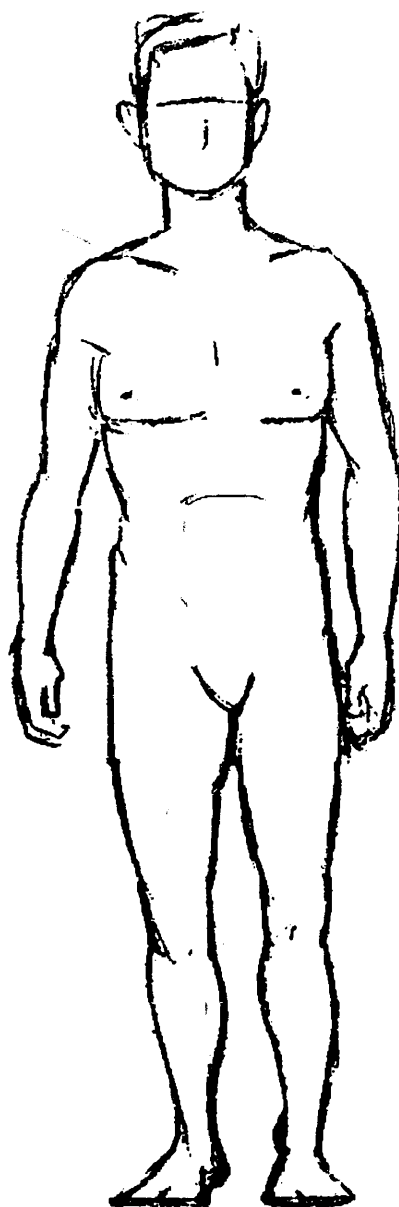


Figura 2.1. Distribución de los pliegues.

#### **2.2.2.3. Perímetros**

- Perímetros (cm): consiste en rodear con una cinta métrica la zona que se va a medir describiendo una circunferencia, ésta se sitúa suavemente para no comprimir los tejidos blandos. A continuación se describen los relativos al presente estudio (figura 2.2):



- Brazo extendido: pasa por el punto medio entre la distancia acromio-radial, la extremidad permanece relajada.
- Brazo flexionado: igual que el anterior pero con el brazo contraído, formando un ángulo de 90° con el antebrazo.
- Antebrazo: es la circunferencia máxima del antebrazo, el brazo debe estar extendido y la mano en supinación.
- Muñeca: ubicado en el perímetro de la muñeca, se toma con el codo flexionado y la palma de la mano hacia arriba; se corresponde con la mínima circunferencia del brazo.
- Muslo: máxima circunferencia del muslo, se mantienen pies apoyados en el suelo y piernas ligeramente separadas.
- Pantorrilla: pasa por el punto de máxima circunferencia de la pantorrilla, se toma igual que la medida anterior.
- Tobillo: se mide por encima del maleolo tibial y corresponde con la mínima circunferencia de la pierna.
- Tórax: medida de la circunferencia que rodea al tórax a nivel axilar, el sujeto eleva los brazos para colocar la cinta, se toma con ellos bajados y al final de una espiración no forzada.
- Cintura: localizado a nivel de la menor circunferencia del abdomen.
- Abdomen: se sitúa la cinta a nivel del ombligo.

- Cadera: el perímetro recoge la mayor circunferencia glútea.

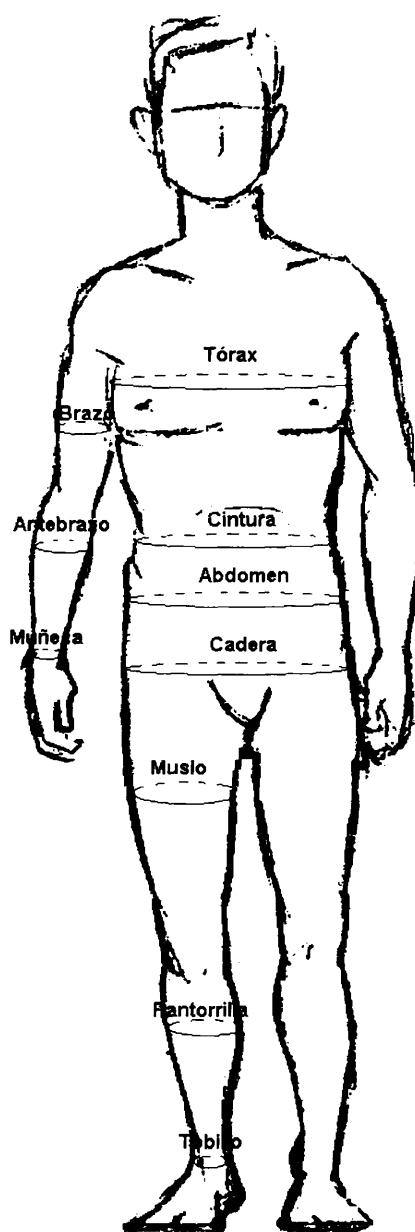


Figura 2.2. Distribución de los perímetros.

#### 2.2.2.4. Diámetros

- Diámetros (cm): esta medida corresponde a la distancia entre dos puntos anatómicos, el aparato que se utiliza varía en función del tamaño del diámetro, tal y

como se ha detallado anteriormente. En ambos casos se mide firmemente sobre el sujeto para minimizar el espesor de los tejidos blandos. En el presente trabajo se han tomado los diámetros siguientes (figura 2.3):

- Bicondilar del fémur: distancia entre el cóndilo lateral y medial del fémur, el individuo permanece sentado y con la rodilla flexionada 90°. El calibre se sitúa hacia abajo formando un ángulo de 45° con la rodilla.
- Bicondilar del húmero: diámetro entre el humeral lateral y medial, el brazo se sitúa horizontal y el antebrazo flexionado 90°.
- Bicrestal: el antropómetro se coloca paralelo al plano de sustentación y se mide la distancia entre los dos puntos ileocrestales, dichos puntos son los situados en el exterior de la cresta ilíaca.
- Biacromial: medida desde el acromio derecho al izquierdo, con el antropómetro paralelo al suelo.
- Transverso del tórax o torácicotransverso: se toma a nivel de la cuarta costilla, mide la separación entre los puntos más laterales del tórax. Las ramas del antropómetro se dirigen hacia abajo formando con la horizontal un ángulo de 30°, se toma tras la espiración.
- Anteroposterior del tórax: distancia entre el punto mesoesternal (lugar del esternón en el que interseccionan

el plano medio-sagital y horizontal) y la apófisis espinosa de la vértebra situada a dicho nivel.

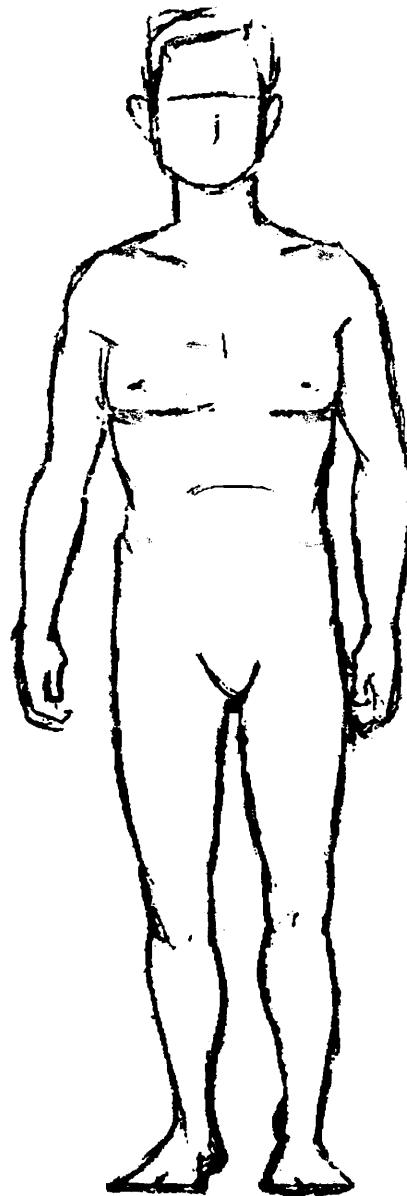


Figura 2.3. Distribución de los diámetros.

### 2.2.3. Fundamento del método

Se basa en la toma de una serie de variables, como son: peso, talla, perímetros, diámetros y pliegues subcutáneos, medidos en sitios específicamente elegidos a lo largo de las extremidades y del tronco. A partir de la muestra recogida se ha calculado el índice de masa corporal (I.M.C.) (Quetelet, 1869), el índice cintura-cadera (I.C.C.) (Seidell *et al.*, 1987) y el porcentaje de grasa aplicando dos procedimientos distintos. Por un lado, ecuaciones que parten del uso de pliegues subcutáneos, y por otro, el modelo basado en Phantom de Drinkwater y Ross (1980), éste utiliza además de pliegues otros valores, con su uso se consigue no sólo hallar el citado porcentaje sino también efectuar un fraccionamiento de la masa total del individuo en cuatro componentes.

### 2.2.4. Índices y ecuaciones de pliegues

Entre los diversos índices relacionados con la adiposidad corporal se han estimado el I.M.C., que se encuentra correlacionado en distinta medida con el porcentaje de grasa total, y el I.C.C., que resulta informativo de la distribución del tejido adiposo (tabla 2.3).

Índice de masa corporal (I.M.C.) = peso (kg)/ estatura<sup>2</sup> (m).

Índice de cintura-cadera (I.C.C.) = perímetro cintura/perímetro cadera.

Tabla 2.3. Índices de adiposidad corporal.

Hoy en día se pueden encontrar infinidad de ecuaciones que a partir de los valores de pliegues permiten obtener porcentajes de grasa, de todas las existentes, se ha optado por seleccionar dos que son ampliamente citadas en la bibliografía: Durnin y Womersley (1974) y Yuhasz (1974). Ambas presentan diferencias reseñables, con la primera de ellas lo que se obtiene es la densidad, con lo cual se requiere usar una transformación logarítmica ya que la grasa subcutánea no se relaciona linealmente con la densidad corporal (Lukaski, 1987); y posteriormente se requiere emplear una expresión para hallar el porcentaje de grasa, en concreto se usó la de Siri (1961), además, parte de dos pliegues mientras que la segunda utiliza seis (tabla 2.4).

Durnin y Womersley (1974):

$$\text{Densidad} = 1,1525 - 0,0687 \times \text{Log X (varones)}.$$

$$\text{Densidad} = 1,1582 - 0,0813 \times \text{Log X (mujeres)}.$$

Log X = logaritmo de la suma de pliegues tricipital y subescapular (mm).

Constantes para edades comprendidas entre 20-29 años.

Siri (1961):

$$\text{Porcentaje de grasa} = (495 / D) - 450.$$

Yuhasz (1974):

$$\text{Porcentaje de grasa} = 0,1051 \times \text{Sum X} + 2,585 \text{ (varones)}.$$

$$\text{Porcentaje de grasa} = 0,1548 \times \text{Sum X} + 3,580 \text{ (mujeres)}.$$

Sum X = suma de pliegues tricipital, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo frontal y pantorrilla (mm).

Tabla 2.4. Porcentaje de grasa por ecuaciones de Durnin y Womersley (1974), con Siri (1961), y de Yuhasz (1974).

### 2.2.5. Modelo Phantom

Ross y Wilson (1974) desarrollaron este modelo de referencia asexual al que denominaron sistema Phantom, con el objetivo de analizar las proporciones corporales de un sujeto al confrontarlo con dicho modelo. Inicialmente se empleó para estudiar los cambios que se producen en relación al crecimiento (Ross *et al.*, 1977), pero luego se aplicó, entre otras, a población adulta y deportista (Pacheco, 1993b).

A partir del mismo, también se puede realizar un fraccionamiento de la masa total del individuo en varios componente, para ello se comparan una serie de medidas antropométricas (estatura, pliegues, diámetros y perímetros) con las establecidas por el modelo teórico. Los datos de los cuales parte Phantom se obtuvieron a partir de un gran número de muestras poblacionales, y su aplicación es válida para ambos sexos y cualquier edad. Las constantes que utiliza (tabla 2.7) y las variables han sido descritas por Ross y Marfell-Jones (1991), a partir de estudios realizadas por Wilmore y Behnke (1970), Garret y Kennedy (1971) y Behnke y Wilmore (1974).

Para poner en práctica este método se han de hallar en primer lugar las puntuaciones Z, correspondientes a la corrección de cada variable (media y desviación) para los valores asignados por el mismo. Hay que tener en cuenta que no es una puntuación Z típica porque se introduce el término  $(170,18/H)^D$ , por lo que por una parte se comparan todas las variables con la estatura, y por otra, se ajustan a la misma escala geométrica mediante el exponente D (tabla 2.5). Para una determinada variable un valor Z positivo indica una proporción mayor respecto

al modelo, y lógicamente si es negativo se corresponde con una menor. Algunos autores (Ross *et al.*, 1977) representan los resultados como "t scores ó puntuaciones t", multiplicando cada valor Z por 10 y añadiendo 50, así se eliminan los valores negativos.

$$\text{Puntuación Z típica} = (x - \mu) / \sigma$$

$x$  = valor de la variable en el individuo.

$\mu$  = media poblacional de la variable.

$\sigma$  = desviación poblacional.

$$\text{Puntuación Z Phantom} = (V (170,18/H)^D - P) / S$$

$V$  = valor de la variable en el individuo.

170,18 = estatura establecida para el modelo.

$H$  = estatura del individuo.

$D$  = exponente dimensional; 1 para las longitudes, diámetros, perímetros y pliegues, 2 en superficies corporales, 3 en masa y otros volúmenes corporales.

$P$  = media de la variable en Phantom (tabla 2.7).

$S$  = desviación en Phantom (tabla 2.7).

Tabla 2.5. Puntuación Z típica y por Phantom.

A partir de dichas puntuaciones se puede realizar un estudio pormenorizado de los resultados obtenidos para cada variable antropométrica, es decir, tienen valor en sí mismas. Además de poder utilizarlas para calcular masas parciales mediante un determinado fraccionamiento, en este caso, se ha aplicado la ecuación desarrollada por Drinkwater y Ross (1980), mediante la que se ha efectuado uno de tipo tetracompartimental. En la tabla 2.6 se detalla la fórmula general



empleada para el cálculo de todas las masas, cabe precisar que para cada una de las mismas el número y el tipo de variables cuyas puntuaciones Z requieren ser calculadas varía.

$$M = (Z \times S + P) / (170,18/H)^3$$

M = masa parcial en kg: ósea, muscular, residual y grasa.

Z = valor medio de las puntuaciones.

S = desviación del Phantom para la masa considerada (tabla 2.7).

P = media del Phantom para la masa considerada (tabla 2.7).

H = estatura del individuo en cm.

#### Variables utilizadas para el cálculo de masas parciales

M. ósea = d. bicondilar húmero y fémur; p. muñeca y tobillo.

M. residual = d. biacromial, bicrestal, torácico anteroposterior y transversal.

M. grasa = pl. tricipital, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo y pantorrilla.

M. muscular = p. corregidos, que se calculan restando "3,14 x pliegue correspondiente". Los perímetros son:

P. brazo extendido -  $\pi \times$  pl. tricipital

P. torácico -  $\pi \times$  pl. subescapular

P. muslo -  $\pi \times$  pl. frontal del muslo

P. pantorrilla -  $\pi \times$  pl. pantorrilla

Tabla 2.6. Masas parciales por Phantom. M.= masa; d.= diámetro; p.= perímetro; pl.= pliegue.

Como se indicó con anterioridad las medias y desviaciones que utiliza el modelo, y que se detallan en la tabla 2.7, se han elaborado a partir de grandes muestras poblacionales, por lo que según indican los autores sintetizan las características de la proporcionalidad humana.

Variable	Media (P)	Desviación (S)
<b>Masa ósea (kg)</b>	10,49	1,57
- Diámetro bicondilar del húmero (cm)	6,48	0,35
- Diámetro bicondilar del fémur (cm)	9,52	0,48
- Perímetro de la muñeca (cm)	16,35	0,72
- Perímetro del tobillo (cm)	21,71	1,33
<b>Masa residual (kg)</b>	16,41	1,90
- Diámetro biacromial (cm)	38,04	1,92
- Diámetro torácico transverso (cm)	27,92	1,74
- Diámetro bicrestal (cm)	28,84	1,75
- Diámetro torácico anteroposterior (cm)	17,50	1,38
<b>Masa grasa (kg)</b>	12,13	3,25
- Pliegue tricipital (mm)	15,40	4,47
- Pliegue subescapular (mm)	17,20	5,07
- Pliegue suprailíaco (mm)	15,20	4,47
- Pliegue abdominal (mm)	25,40	7,78
- Pliegue frontal del muslo (mm)	27,00	8,33
- Pliegue de la pantorrilla (mm)	16,00	4,67
<b>Masa muscular (kg)</b>	25,55	2,99
- Perímetro del brazo extendido corregido (cm)	20,05	3,67
- Perímetro torácico corregido (cm)	82,36	4,68
- Perímetro del muslo corregido (cm)	47,33	3,59
- Perímetro de la pantorrilla corregido (cm)	30,22	1,97

Tabla 2.7. Valores teóricos del Phantom.

Una vez obtenidas las masas parciales mediante la suma de todas ellas se puede calcular el peso total del individuo (al que se denominará peso Phantom), y los porcentajes que representan cada una de las masas (tabla 2.8).

$$\text{Peso Phantom} = m. \text{ ósea} + m. \text{ grasa} + m. \text{ muscular} + m. \text{ residual.}$$

$$\text{Porcentaje de m. parcial} = (m. \text{ parcial} / p. \text{ Phantom}) \times 100.$$

Tabla 2.8. Peso total y porcentaje de masa parcial. m. = masa; p. = peso.

El modelo de Phantom se elaboró siguiendo una serie de supuestos (Ross, 1985) que hay que tener en consideración, estos son:

- Permite la comparación intra e intersexual eliminando el sesgo debido al dimorfismo sexual. Se considera una referencia humana asexual, atemporal, adulta y bilateralmente simétrica.
- Todas las variables del Phantom se distribuyen normalmente y son unimodales, con el valor  $Z = 0,0$  como moda.
- La estatura es la variable que se emplea como referencia de proporcionalidad, aunque puede usarse cualquier otra.
- Para reducir a la misma escala geométrica las longitudes, superficies, o masas, se eleva la estatura al exponente dimensional  $D$ , que toma valores del 1 al 3.
- La forma corporal, grasa, magra y otros parámetros antropométricos son principalmente multivariantes, pero el modelo los considera univariantes utilizando la estatura como variable de referencia.
- Toma un valor teórico de grasa corporal de 18,78% y un peso de 64,58 kg.

Algunos autores han considerado que el método presenta algunas limitaciones, como por ejemplo:

- Los exponentes empleados en la estatura y que comúnmente se usan en este tipo de modelos suelen ser efectivamente 1, 2 y 3, para dimensiones lineales, secciones y volúmenes respectivamente (Von Döbeln, 1966; Asmussen y Christensen, 1967). No obstante, se ha observado que pueden variar dependiendo de factores como por ejemplo edad, sexo y actividad física (Shephard, 1982).

- Shephard *et al.* (1985) consideran que no es del todo correcto utilizar una estandarización univariante teniendo en cuenta que el crecimiento es multivariante.

- El uso de puntuaciones Z requiere de una distribución normal (Morehouse y Stull, 1975), sin embargo, numerosas medidas presentan asimetría y kurtosis, es decir, no son curvas perfectamente normales. Unido al hecho de que además pueden darse distribuciones bimodales, esto último principalmente en la preadolescencia (Jéquier *et al.*, 1977a,b).

Pese a lo anteriormente comentado hay que reseñar que el método es válido para efectuar comparaciones tomando como base el modelo Phantom. El valor numérico tiene significado cuando se utiliza para analizar cómo se comportan las distintas variables en: un mismo individuo según su etapa ontogénica, una determinada población en función del sexo, el ejercicio físico, etc.

Más concretamente, se ha empleado para establecer las diferencias en las proporciones corporales a nivel individual o poblacional (Shephard *et al.*, 1985), o para seguir la evolución de una muestra a lo largo del tiempo, información que

puede ser de gran utilidad en el caso de los estudios de crecimiento (Bailey, 1974; Ross *et al.*, 1977). Por último, señalar que ha sido ampliamente utilizado para determinar el perfil antropométrico en deportistas, ya que permite relacionar proporciones corporales con el éxito deportivo (Pacheco, 1993a,b; Kerr *et al.*, 1995; Romero, 1997; Sánchez *et al.*, 2003; Rivera, 2006).

### **2.3. ANÁLISIS DE BIOIMPEDANCIA**

El estudio de la impedancia eléctrica (I ó Z) en el cuerpo humano fue introducido por Nyboer y colaboradores en investigaciones realizadas en 1940 y años posteriores (Nyboer *et al.*, 1940 y 1943; Nyboer, 1959 y 1972), por medio de ellas se demostró que los cambios en impedancia se relacionan con las alteraciones en el volumen sanguíneo. Poco después comenzó a ser empleado en el análisis de la composición corporal usando primero electrodos dispuestos en el cuerpo bipolarmente, Thomasset (1962), y a continuación tetrapolarmente, situados en mano, muñeca, pie y tobillo, Hoffer *et al.* (1969). Estos últimos encontraron una estrecha relación entre la cantidad de agua total (TBW) y la impedancia, y en concreto, obtuvieron una correlación de 0,92 entre el índice estatura<sup>2</sup>/impedancia y TBW.

Desde entonces su uso ha cobrado un enorme auge en diferentes campos, siendo una técnica ampliamente utilizada. Al aplicar el término a un ser vivo se denomina bioimpedancia (BIA), en cualquier caso, ambos vocablos pueden usarse indistintamente.

### 2.3.1. Instrumental utilizado

Hoy en día se encuentran en el mercado diferentes tipos de aparatos para medir la bioimpedancia. En función de la corriente que suministran pueden ser de frecuencia única (monofrecuencia) o variable (multifrecuencia). Así mismo se comercializan diversas marcas, por ejemplo: Valhalla Scientific (San Diego; modelo 1990-A), RJL Systems (Detroit; modelo BIA-101), Medi-Fitness (Portland, OR; modelo 1000) y Bioelectrical Science (La Jolla, CA; modelo 200z).

Se han realizado estudios comparándolos y se han observado diferencias considerables en la estimación de las masas parciales en función del analizador (Segal *et al.*, 1985; Deurenberg *et al.*, 1989b; Graves *et al.*, 1989; Baumgartner *et al.*, 1990; Oldham, 1996); por lo que algunos autores han considerado que las ecuaciones de regresión desarrolladas a partir de la impedancia eléctrica para estimar la composición corporal son específicas del instrumento usado (Gray *et al.*, 1989). El aparato aquí utilizado fue un analizador tetrapolar Holtain Ltd. (Dyfed, Reino Unido) que permite estimar la masa grasa con una precisión  $\pm 0,1$  kg. Obtiene la impedancia corporal tras aplicar una pequeña corriente eléctrica alterna, con una intensidad de  $800 \mu A$  (la cual no es perceptible para el sujeto y no interfiere con marcapasos).

Para su uso se requiere situar cuatro electrodos en el individuo, los empleados eran autoadhesivos, desechables, de electrocardiografía ECG para diagnóstico, y marca 3M Health Care (St. Paul, USA).

### 2.3.2. Procedimiento de medida

La técnica es relativamente sencilla aunque hay que tener en cuenta algunas consideraciones a la hora de tomar los datos, los aspectos más relevantes son: ubicación de los electrodos, posición y condiciones fisiológicas del sujeto, y temperatura de la sala.

En las mediciones aparecen variaciones importantes en función de la posición de los electrodos, por lo que es aconsejable mantener rigurosamente la indicada por el fabricante del analizador, este hecho ha sido remarcado por diversos investigadores (Elsen *et al.*, 1987; Baumgartner *et al.*, 1989; Fuller y Elia, 1989; Ortega *et al.*, 2000). Por tanto, la situación de los mismos se colocó según lo señalado por las instrucciones del aparato utilizado, en este caso Holtain Ltd. (Dyfed, Reino Unido), y siguiendo las indicaciones dadas por Lukaski *et al.* (1985) y Callejo *et al.* (2003):

- Se colocan cuatro electrodos en el lado derecho (figura 2.4).
- Dos receptores (aparecen de color negro): uno en la muñeca a la mitad de la distancia entre la apófisis radial y ulnar, el otro en el tobillo entre el maleolo medial y lateral (figuras 2.5 y 2.6).
- Dos emisores (aparecen de color rojo): a cuatro centímetros de los receptores, en sentido hacia las falanges (figuras 2.5 y 2.6).

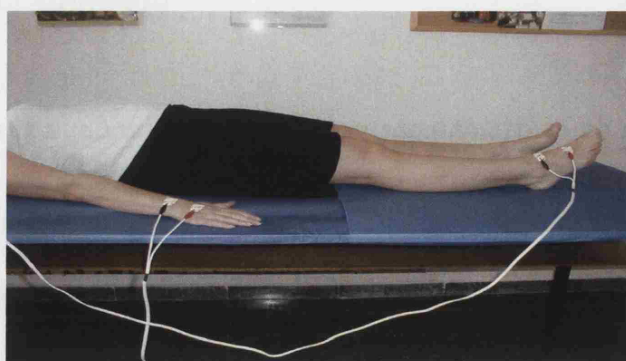


Figura 2.4. Posición de los cuatro electrodos.

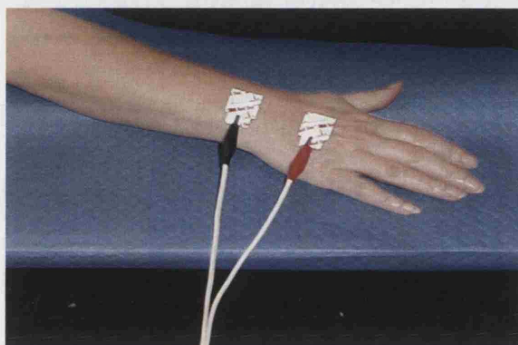


Figura 2.5. Electrodo de la mano.

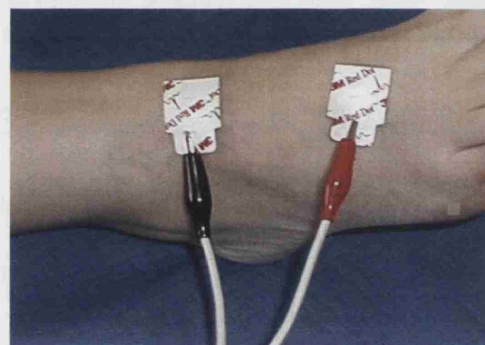


Figura 2.6. Electrodo del pie.

También se han encontrado diferencias en función de la posición y condiciones fisiológicas del sujeto, por ello se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El individuo debe permanecer tumbado horizontalmente y desprovisto de todo tipo de objetos metálicos (Lukaski *et al.*, 1985).
- En ayunas (de 2 a 4 horas), sin haber ingerido alcohol, ni realizado ejercicio en las últimas 24 h (Stump *et al.*, 1987; León-Sanz *et al.*, 1996). Su estado de hidratación debe ser concordante con lo habitual para el individuo estudiado (Baumgartner *et al.*, 1986; Kushner *et al.*, 1992).



- Con brazos y piernas ligeramente separadas con ángulos de aproximadamente 10-15°, ya que en estos valores un ligero aumento o disminución provoca una variación pequeña de la bioimpedancia, tal y como se observa en la figura 2.7 (Lozano *et al.*, 1995).

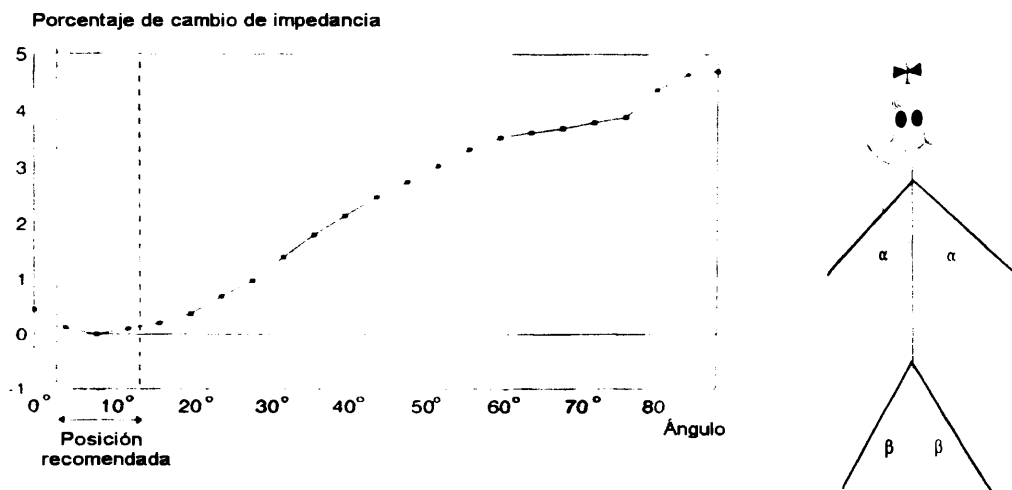


Figura 2.7. Porcentaje de cambio de impedancia según el ángulo de un brazo (alfa) respecto al cuerpo (Lozano *et al.*, 1995).

- Además, hay que destacar que pueden influir factores relacionados con el estado fisiológico del individuo; como por ejemplo la fase del ciclo menstrual, debido a la retención de líquidos, si bien no en todos los trabajos se pone de manifiesto la relación entre impedancia y dicho ciclo (afecta: Deurenberg *et al.*, 1988; Gleichauf y Roe, 1989; no afecta: Chumlea *et al.*, 1987; Mckee y Cameron, 1997). También es importante el estado de hidratación general, este último puede dar modificaciones significativas en el valor de la bioimpedancia, incluso en mediciones efectuadas a lo largo del mismo día (Rodríguez-Martínez *et al.*, 1998).

- Así mismo, indicar que se ha constatado la variación que puede ejercer la temperatura ambiente en la medida de la impedancia, observándose que principalmente se experimenta un aumento en la resistencia y reactancia cuando la temperatura es elevada (Caton *et al.*, 1988; Liang *et al.*, 2000).

- Para terminar señalar que otro problema radica en el hecho de que se desconoce la proporción de corriente que pasa a través de las células a una determinada frecuencia, como la de 50 kHz aquí empleada (N.I.H., 1996); si bien, se sabe que a medida que se aumenta dicha frecuencia también se incrementa la corriente que circula por el interior celular (Van Loan y Mayclin, 1992; Matthie *et al.*, 1998). Para paliar este inconveniente se han desarrollado los sistemas de multifrecuencia, éstos además permiten distinguir entre agua extracelular (ECW) e intracelular (ICW) y estimar cambios en fluidos corporales (Deurenberg y Schouten, 1992; Jansen *et al.*, 1992; Deurenberg *et al.*, 1996; N.I.H., 1996; Schoeller, 2000).

### 2.3.3. Fundamento del método

La presente técnica se basa en el principio de la impedancia, más concretamente, en el estudio de la respuesta que presenta una superficie cilíndrica llena de líquido al paso de una corriente eléctrica. La corriente continua no es mas que un movimiento de electrones, cuando dichas partículas circulan por un conductor encuentran una cierta dificultad al moverse, esta "dificultad" se denomina resistencia eléctrica. Con este método se mide la oposición al flujo de

corriente cuando ésta pasa a través de un individuo, en tal caso, al cuerpo humano se le considera como un conductor de forma cilíndrica irregular. Hay que tener en cuenta que la conductividad de los fluidos corporales (sangre, orina...) es alta, la del tejido muscular intermedia, mientras que en tejidos como el óseo y el adiposo es baja, además, en regiones con un área transversal pequeña, como en las extremidades, la resistencia al paso de la corriente es más alta (N.I.H., 1996).

La corriente es proporcionada a través de dos electrodos emisores (I), situados en tobillo y muñeca, y el voltaje desarrollado (V) a través del tejido corporal es medido a partir de otro conjunto de electrodos receptores situados a pocos centímetros de los primeros (figura 2.8). A partir de la ley de Ohm, enunciada por Georg Simon Ohm (1789-1854), se obtiene que la impedancia es igual al voltaje dividido por la intensidad de corriente proporcionada:  $Z = V/I$ .

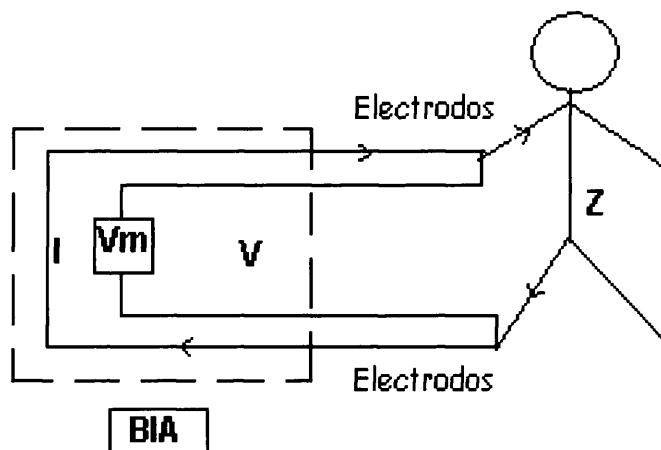
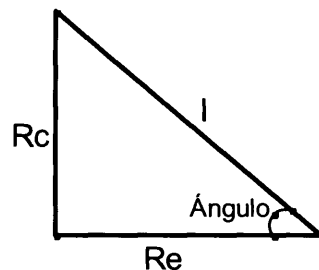


Figura 2.8. Método de bioimpedancia. I = intensidad de corriente, Vm = voltímetro, V = voltaje, BIA = analizador de impedancia, Z= impedancia.

La BIA incluye dos parámetros medibles que son la resistencia ( $R_e$ ) y la reactancia ( $R_c$ ), la relación entre ellos se muestra en la tabla 2.9 (Brazier, 1935) y corresponde al supuesto de que en el cuerpo humano ambas variables están conectadas en serie.

$$BIA (\Omega) = Z = I = \sqrt{R_e^2 + R_c^2}$$



$$\text{Ángulo} = \arctg \left( \frac{R_c}{R_e} \right)$$

Tabla 2.9. Componentes de la bioimpedancia.

El medio interno de un individuo dependiendo de su composición se comporta como conductor de la corriente eléctrica y/o dieléctrico (aislante). En su conjunto los tejidos biológicos son conductores medios, ya que por un lado, las soluciones electrolíticas intracelulares y extracelulares de todos los tejidos blandos son óptimos conductores, mientras que por otro, el óseo se comporta como un mal conductor. Dentro de los blandos, en el adiposo la corriente puede atravesar las

soluciones electrolíticas del intersticio y los adipocitos, a exclusión de las gotas lipídicas que puede haber en su interior ya que al ser hidrofóbicas no la conducen.

La resistencia es la medida de la oposición al flujo de corriente a través de las soluciones electrolíticas intra y extracelulares del cuerpo, mientras que la reactancia viene determinada por las propiedades dieléctricas de los tejidos, o bien por la acumulación temporal de cargas sobre las membranas celulares, ya que estas estructuras se comportan como condensadores (Kushner *et al.*, 1992). Es decir, desde un punto de vista electrostático la membrana se puede considerar como un condensador, en el que las dos placas conductoras son los dos medios iónicos y el dieléctrico o aislante es la bicapa lipídica (figura 2.9).

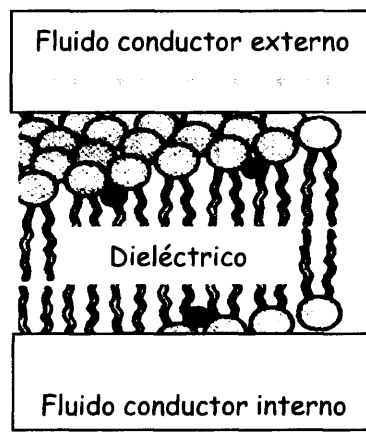


Figura 2.9. La membrana como condensador.

Si bien hay que señalar que a altas frecuencias la capacitancia de la membrana baja (Jenin *et al.*, 1975; Settle *et al.*, 1980) y se posibilita la entrada de corriente al medio interno celular. A bajas frecuencias (50 khz), como las utilizadas en el presente estudio, el valor del primero ( $R_e$ ) es mucho mayor que el

del segundo ( $R_c$ ), por lo que el cálculo de impedancia se puede aproximar al de resistencia (Walker *et al.*, 1990; Deurenberg y Schouten, 1992; Heyward y Stolarczyk, 1996; N.I.H., 1996; Ellis, 2000). Por ello, aunque el analizador utilizado en el presente trabajo proporciona el valor de impedancia se han aplicado indistintamente ecuaciones que utilizan dicha variable o la de resistencia. Hay que tener en cuenta que en muchas de las citadas ecuaciones en lugar de  $Z$  aparece el término  $R$  (equivalente a  $R_e$ ), que precisamente hace referencia a que la impedancia se ha valorado de manera aproximada a partir del cálculo de la resistencia.

La relación entre reactancia, resistencia, impedancia y frecuencia se observa en la siguiente figura 2.10. Por último, remarcar que las variaciones en tejido graso afectan principalmente al valor de la resistencia pero no al de la reactancia.

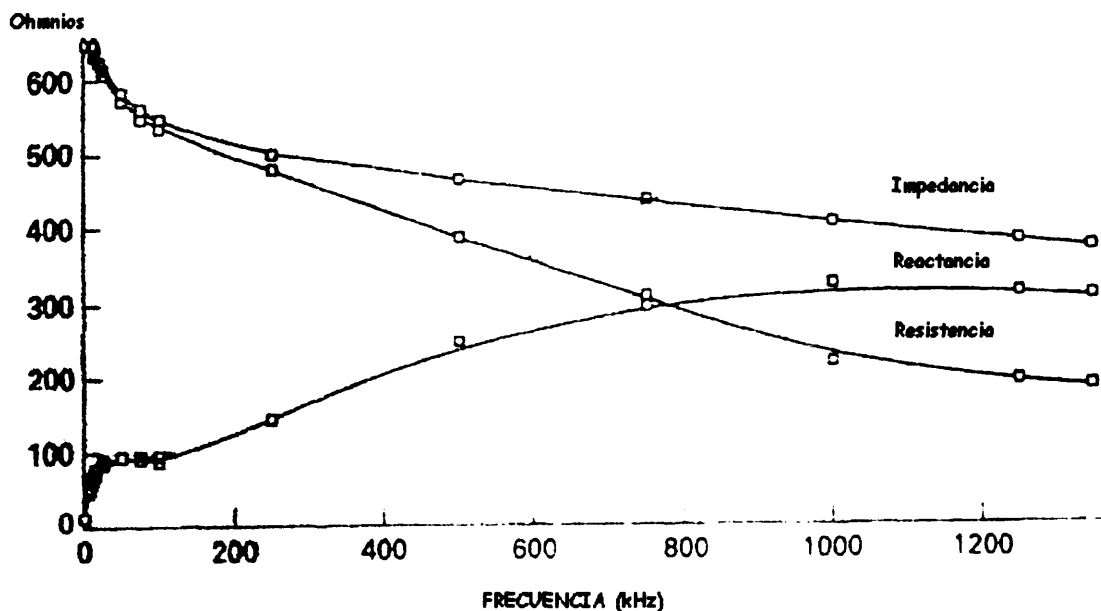


Figura 2.10. Relación entre impedancia, reactancia y resistencia (Deurenberg y Schouten, 1992).

Una vez que el analizador da la impedancia eléctrica del conductor hay que tener en cuenta que ésta depende de los tres factores recogidos en la ecuación de la tabla 2.10. Según dicha expresión, la impedancia (Z) en un conductor cilíndrico es directamente proporcional a la longitud (L) e inversamente proporcional a la sección transversal (S). La resistividad ( $\rho$ ) es una constante de proporcionalidad que corresponde a la impedancia específica de los tejidos que atraviesa la corriente. Como se observa en dicha expresión aquellas estructuras que tengan áreas transversales pequeñas, como las extremidades, opondrán más impedancia.

$$Z (\Omega) = \rho (\Omega \text{ m}) \frac{L (\text{m})}{S (\text{m}^2)}$$

Tabla 2.10. Relación bioimpedancia y conductor.

En definitiva, un analizador de impedancia va a proporcionar un dato numérico indicativo de la oposición que el cuerpo de un sujeto ha ejercido al paso de una corriente por él. Con esta información se puede estimar la composición corporal en base a la expresión de la tabla 2.11 (Houtkooper *et al.*, 1996), que como se observa deriva de la fórmula general de la oposición de un conductor dada anteriormente en la tabla 2.10 (al introducir el término  $L/L$  se obtiene  $L^2$  y  $V = S \times L$ ). Obviamente a mayor oposición del conductor al paso de la corriente menor presencia de agua y electrolitos tendrá, siendo el término " $L^2/Z$ " directamente proporcional al volumen del conductor, y por tanto, a la cantidad total de agua

(TBW) (Lukaski *et al.*, 1985 y 1986; Kushner y Schoeller, 1986). Se ha obtenido que dicho término es constante en niños, adolescentes y adultos de ambos sexos (Peter *et al.*, 1988). En la mayoría de estudios se han recogido valores de correlación entre TBW y " $L^2/Z$ " superiores a 0,95 (N.I.H., 1996).

El agua es por tanto una pieza clave en esta técnica, dicha biomolécula es un nutriente no energético (acalórico) pero fundamental para el organismo, presentando un alto porcentaje de su masa total. Las diferencias en el agua corporal entre distintos individuos se deben en gran parte a las variaciones en su composición corporal (ver apartado 1.1.2.3.), es decir, se producen por diferencias en la relación existente entre el tejido graso (bajo almacén de agua) y el libre de grasa (elevado almacén de agua). Constatándose una mayor conductancia en FFM, ya que dicho compartimento contiene principalmente los fluidos y electrolitos corporales (Pethig, 1979).

Aunque hay que tener en cuenta que la impedancia no da una medida directa del agua sino que es necesario el uso de ecuaciones de regresiones que estimen dicho valor, y que han sido previamente establecidas en muestras concretas. Por tanto, es posible que sólo sean útiles en sujetos de similares características a los escogidos en dichas muestras (N.I.H., 1996).



$$V (m^3) = \rho (\Omega m) \frac{L^2 (m^2)}{Z (\Omega)}$$

$V$  = volumen del conductor, valorado como la cantidad total de agua (TBW).

$\rho$  = resistividad del conductor.

$L$  = estatura tomada como la longitud del conductor.

$Z$  = oposición del conductor (BIA).

Tabla 2.11. Relación entre bioimpedancia y componentes corporales.

A partir del agua total (TBW) se calcula la masa libre de grasa (FFM) fácilmente en base a constantes de hidratación señaladas desde hace tiempo (Pace y Rathbun, 1945; Forbes, 1962; Behnke y Wilmore, 1974). Aunque esto supone otra limitación en esta técnica, ya que hay que tener en cuenta que dicha constancia se ve afectada por factores como la edad y el sexo la afectan, por lo que algunos investigadores han sugerido que es necesario establecer ecuaciones específicas en función de dichas variables, ya que determinan el estado de hidratación. No obstante, la relación directa entre FFM y TBW se suele usar de manera habitual en trabajos antropológicos y entre las obtenidas en diversos estudios está la de Siri (1961), en la que se establece que dicha relación es la siguiente (tabla 2.12):

$$TBW = FFM \times 0,73$$

Tabla 2.12. Relación agua total y masa libre de grasa.

La validación del método de BIA se ha efectuado principalmente usando isótopos como el deuterio, determinación por potasio total, espectrometría de masas (RMS) y densitometría por rayos X (DEXA). Se han realizado diversos trabajos que muestran su validez para determinar la composición corporal, en población adulta de distintos rangos de edad (Hoffer *et al.*, 1969; Segal *et al.*, 1985 y 1988; Kushner y Schoeller, 1986; Lukaski *et al.*, 1986; Deurenberg *et al.*, 1990a; Lohman, 1992) y en niños (Barrillas-Mury *et al.*, 1987; Cordain *et al.*, 1988; Davies *et al.*, 1988; Deurenberg *et al.*, 1989d,e; Houtkooper *et al.*, 1989; Danford *et al.*, 1992).

Así mismo, en un estudio desarrollado por Lukaski *et al.* (1985) se midieron a 15 individuos durante 5 días consecutivos, obteniéndose una variabilidad de la resistencia menor al 2%, lo que por tanto es indicativo de la alta precisión de la técnica. En algunos de los citados artículos las ecuaciones desarrolladas, para predecir la masa libre de grasa, han combinado los datos de resistencia o impedancia con diversas variables. Como por ejemplo, sexo, edad, peso, e incluso se han introducido pliegues y circunferencias (Tanaka *et al.*, 1992; Guo *et al.*, 1993). Actualmente se la ha llegado a catalogar como una de las pocas técnicas no invasivas capaces de determinar específicamente variaciones de hidratación y cambios en la composición corporal en cualquier condición clínica (Ross *et al.*, 1989; Kushner *et al.*, 1990), si bien algunos autores ponen en entre dicho esto último (Helenius *et al.*, 1987; Deurenberg *et al.*, 1989f).

### 2.3.4. Ecuaciones empleadas

Existen en la bibliografía numerosas ecuaciones de regresión que determinan TBW o FFM a partir del valor de la impedancia o resistencia, la mayoría de ellas vienen dadas para esta última variable. Dentro de esta amplia variedad se han seleccionado algunas teniendo en cuenta, entre otras cuestiones, que el analizador empleado Holtain Lta. proporciona el valor de la impedancia, por lo tanto aquellas que requieren el valor de las dos variables por separado, reactancia y resistencia, se han tenido que descartar. Así como que las ecuaciones hayan sido obtenidas de muestras cuya edad y población sean concordantes con las del presente estudio, es decir, edad comprendida entre 18-25 años y población caucásica de ambos sexos.

Todas ellas se pueden dividir en dos grupos según estimen TBW o FFM, y también en función de que utilicen o no el término denominado índice de impedancia: " $Ht^2/Re$ " (comentado anteriormente en la tabla 2.11, siendo  $Ht$  la estatura o longitud del conductor); éste es usado en todas las expresiones menos en la de Segal *et al.* (1988) y Gray *et al.* (1989), en las que se emplea " $Ht^2 - Re$ ". Por último, se diferencian porque suelen combinar el valor de  $Re$  de distinta manera, empleando o no variables como peso, edad y sexo. A continuación (tablas 2.13 y 2.14) se detallan las usadas en este estudio, se utilizan superíndices numéricos para diferenciar las de un mismo autor. Entre todas ellas hay que indicar que sólo la ecuación de Boulier *et al.* (1990) está basada en un modelo de dos electrodos, en vez de cuatro, y sigue por tanto el modelo descrito por Thomasset (1962).

Autor/es	Edad N	Método comparativo	R	SEE	Ecuación TBW (L) (Sexo)
Kushner y Schoeller <sup>1</sup> (1986)	17-66 40	Isótopo-RMS	0,98	1,7 L	$0,5561 \text{ Ht}^2/\text{Re} + 0,0955 \text{ Wt} + 1,726 (2)$
Kushner y Schoeller <sup>2</sup> (1986)	17-66 20 20	Isótopo-RMS	0,97 0,98	0,8 L 1,6 L	$0,382 \text{ Ht}^2/\text{Re} + 0,105 \text{ Wt} + 8,315 (M)$ $0,396 \text{ Ht}^2/\text{Re} + 0,143 \text{ Wt} + 8,399 (V)$
Kushner <i>et al.</i> <sup>3</sup> (1992)	2-67 116	Isótopo-RMS	0,99	1,2 L	$0,593 \text{ Ht}^2/\text{Re} + 0,065 \text{ Wt} + 0,04 (2)$
Lukaski y Bolouchuk <sup>1</sup> (1988)	20-73 53	Isótopo-IRS	0,98	1,6 L	$0,372 \text{ Ht}^2/\text{Re} + 3,05 \text{ sexo} + 0,142 \text{ Wt} - 0,069 \text{ edad} + 4,98 (2)$
Lukaski y Bolouchuk <sup>2</sup> (1988)	20-73 57	Isótopo-IRS	0,98	1,5 L	$0,374 \text{ Ht}^2/\text{Re} + 0,151 \text{ Wt} - 0,083 \text{ edad} + 2,94 \text{ sexo} + 4,65 (2)$
Holtain (dada por aparato)*	NP	NP	0,97	0,3 L	$0,585 \text{ Ht}^2/\text{I} + 1,825 (2)$

Tabla 2.13. Ecuaciones de regresión de bioimpedancia para calcular TBW. \*Citado por Mckee y Cameron (1997), el resto por Houtkooper *et al.* (1996) y/o Ellis (2000).

NP = dato no proporcionado; R = coeficiente de correlación; SEE = error estándar de la estima; TBW (L o kg) = agua total; FFM (kg) = masa libre de grasa; Isótopo = deuterio ( $\text{D}_2\text{O}$ ); RMS = espectrometría de masas; IRS = espectroscopia de infrarrojos; Re = resistencia; I = impedancia; Ht = estatura en cm (excepto ecuaciones que indican metros); Wt = peso en kg; Edad = edad decimal; Sexo = 2 (ambos sexos; valor de 1 en hombres y 2 para mujeres en Boulier *et al.*; 1 en hombres y 0 en mujeres en el resto), V (varón) y M (mujer). Analizador RLJ Systems excepto: Lohman (1992) que emplea Valhalla Scientific, Boulier *et al.* (1990) usan IMP BO, y la dada por los fabricantes Holtain Ltd.

Autor/es	Edad N	Método comparativo	R	SEE	Ecuación FFM (kg) (Sexo)
Lukaski <i>et al.</i> <sup>3</sup> (1986)	18-50	Densidad	0,98	2,0 kg	0,821 Ht²/Re + 4,97 (M)
	67	Brozek <i>et al.</i> (1963)	0,98	2,5 kg	0,827 Ht²/Re + 5,21 (V)
	47				
Segal <i>et al.</i> (1988)	17-62	Densidad Siri (1961)	0,88	2,4 kg	0,00108 Ht² - 0,02090 Re + 0,23199 Wt - 0,06777 edad + 14,59453 (M)
	498		0,89	3,6 kg	0,00132 Ht² - 0,04394 Re + 0,30520 Wt - 0,16760 edad + 22,66827 (V)
	1069				
Gray <i>et al.</i> (1989)	19-74	Densidad Siri (1961)	0,92	NP	0,00151 Ht² - 0,0344 Re + 0,140 Wt - 0,158 edad + 20,387 (M)
	62		0,97		0,00139 Ht² - 0,0801 Re + 0,187 Wt + 39,830 (V)
	25				
Boulier <i>et al.</i> (1990)	22-71 202	Desplazamiento Agua Allen (1960)	0,96	2,6 kg	0,40 Ht²/Re + 0,64 Wt - 0,16 edad + 6,37 -2,71 sexo (2)
Van Loan <i>et al.</i> <sup>1</sup> (1990)	18-32	Densidad	0,98	3,2 kg	0,50 Ht²/Re + 0,37 Wt + 1,93 sexo + 3,12 (2)
	150	Siri (1961)			
Van Loan <i>et al.</i> <sup>2</sup> (1990)	18-32	Densidad	0,97	2,6 kg	0,53 Ht²/Re + 0,29 Wt + 1,38 sexo + 4,40 (2)
	150	Siri (1961)			
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> (1991)	16-83	Densidad	0,96	2,6 kg	0,340*10000 Ht² (m)/Re + 15,34 Ht (m) + 0,273 Wt - 0,127 edad + 4,56 sexo - 12,44 (2)
	661	Siri (1961)			
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>2</sup> (1990b)	7-25 246	Densidad Siri (1961)	0,99	2,3 kg	0,438*10000 Ht² (m)/Re + 7,04 Ht (m) + 0,308 Wt + 1,6 sexo - 8,5 (2)
Lohman (1992)	18-30	Densidad	0,97	2,1 kg	0,476 Ht²/Re + 0,295 Wt + 5,49 (2)
	153	Siri (1961)	NP	2,9 kg	0,485 Ht²/Re + 0,338 Wt + 5,32 (2)

Tabla 2.14. Ecuaciones de regresión de bioimpedancia para calcular FFM. En la tabla 2.13 se muestra la leyenda.

Por último, remarcar que en aquellas ecuaciones en las que se estima TBW se ha obtenido el valor de FFM teniendo en cuenta la relación para ambas variables dada por Siri (1961) (tabla 2.12), y que en todas ellas partiendo de este dato se ha calculado la masa grasa (FM) y su porcentaje (tabla 2.15). En definitiva, utilizando este método se obtiene la composición corporal de un individuo a través de un fraccionamiento en dos componentes.

$$\text{FFM} = \text{TBW} / 0,73.$$

$$\text{FM (kg)} = \text{peso (kg)} - \text{FFM (kg)}.$$

$$\text{Porcentaje de grasa} = (\text{FM} / \text{peso}) \times 100.$$

Tabla 2.15. Ecuaciones FFM, FM y porcentaje de grasa.

## 2.4. DETERMINACIÓN DE CREATININA

El uso de esta técnica comenzó en 1905, cuando Folin sugirió que la creatinina podía ser un indicador de la composición corporal. Myers y Fine (1913) demostraron que la cantidad excretada en la orina era directamente proporcional a la creatina corporal en tres especies (conejo, perro y humano), más tarde, Palladin y Wallenburger (1915) hicieron lo propio en otros mamíferos (rata, oveja y cerdo). Con posterioridad, Bürger (1919) expuso que prácticamente toda la creatina del organismo estaba en el músculo y que su valor era constante.

Todo lo anterior llevó a concluir que la creatinina expulsada en orina era proporcional a la creatina, y en consecuencia, a la masa muscular, en este sentido

se realizaron numerosos trabajos que corroboraron la información hasta entonces existente (Talbot, 1938; Hoberman *et al.*, 1948; Cheek, 1968; Forbes y Bruining, 1976; Forbes, 1987).

#### **2.4.1. Instrumental de medida**

Para la recogida de muestras de orina se han empleado recipientes estériles de capacidad 50-100 ml. El aparato utilizado para estimar la cantidad de creatina en orina ha sido un espectrómetro ultravioleta, marca ZUZI modelo 721 de Auxilab (Berriain, Navarra, España). De precisión  $\pm 1$  nm y que mide la absorbancia de sustancias coloreadas; la longitud de onda seleccionada ha sido de 520 nm.

#### **2.4.2. Valoración en orina**

La determinación de creatinina se ha llevado a cabo por un método colorimétrico, éste consiste en hacer pasar un haz de luz blanca con una determinada longitud de onda por una cubeta de vidrio que previamente ha sido llenada con el líquido a estudiar, en este caso la orina. La radiación emergente siempre es de menor intensidad que la dada, debido a la absorción del líquido y a pérdidas por fenómenos ópticos, por medio de un espectrofotómetro se puede calcular dicha absorbancia. Cuando el proceso se realiza con una longitud de onda que corresponda a la región del espectro visible recibe el nombre de colorimetría.

La cantidad de energía absorbida, por parte de la materia contenida en la cubeta, depende del principio general conocido como ley de Lambert-Beer. En realidad, estos dos autores nunca llegaron a colaborar puesto que un siglo separa el

nacimiento de cada uno. Johann Heinrich Lambert (1728-1777) publicó en 1760 un libro en el que se indicaba que la variación de la intensidad luminosa al atravesar un rayo de luz un número de capas de cristal podía considerarse como una relación exponencial, con un valor característico para cada cristal. Por su parte August Beer (1825-1863) en 1852 señalaba que esta ley era aplicable a soluciones con diversa concentración y definió el coeficiente de absorción. Con lo que sentó las bases de la fórmula que sigue siendo utilizada actualmente y cuyo enunciado es el siguiente: "La intensidad del haz incidente disminuye exponencialmente con el aumento por un lado del recorrido a través del medio absorbente, y por otro lado, de la concentración de las especies absorbentes" (figura 2.11).

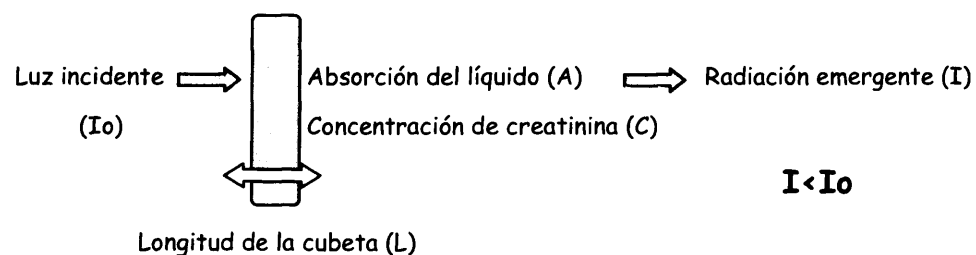


Figura 2.11. Técnica de colorimetría.

Su expresión matemática simplificada aparece en la tabla 2.16, en la que se aprecia que los factores determinantes en la absorción son los siguientes: la absortividad, la longitud de la cubeta y la concentración de la disolución. Por tanto, si se mantienen los dos primeros constantes la absorción va a ser proporcional a la concentración. Cuando una solución es coloreada la radiación absorbida va a ser característica del material que contiene, ya que cada sustancia absorbe a una



determinada longitud de onda, por tanto, la colorimetría da información cualitativa sobre la composición de una disolución problema.

$$A = \log I_0/I = E \times L \times C$$

A = absorbancia.

$I_0$  = intensidad de la radiación que entra en la cubeta.

I = intensidad de la radiación que sale de la cubeta.

E = constante de proporcionalidad denominada absorptividad.

Cuando se expresa la concentración en moles por litro y la trayectoria en la celda en centímetros se denomina absorptividad molar.

L = longitud de la cubeta.

C = concentración de la disolución.

Tabla 2.16. Ecuación de Lambert-Beer.

Además, la ecuación de Lambert-Beer da la posibilidad de hallar concentraciones y de obtener datos cuantitativos, ya que como se muestra en la tabla 2.16 la absorbancia y la concentración son directamente proporcionales.

En tal caso, se emplea una recta de calibrado para su cálculo, que consiste en construir una gráfica que muestre cómo varía una propiedad física medible, como es el color, en función de la concentración de una sustancia. Los pasos a seguir son:

- Preparar muestras patrón de concentraciones conocidas.
- Realizar disoluciones de la muestra problema.
- Calcular las absorbancias de todas las muestras en el espectrómetro.

- Construir una tabla de concentraciones-absorbancias con las muestras patrón y hacer su representación. La gráfica será una línea recta que pasa por el origen, tal y como se muestra en la figura 2.12.

- Interpolarse la absorbancia de las muestras problema y obtener su concentración.

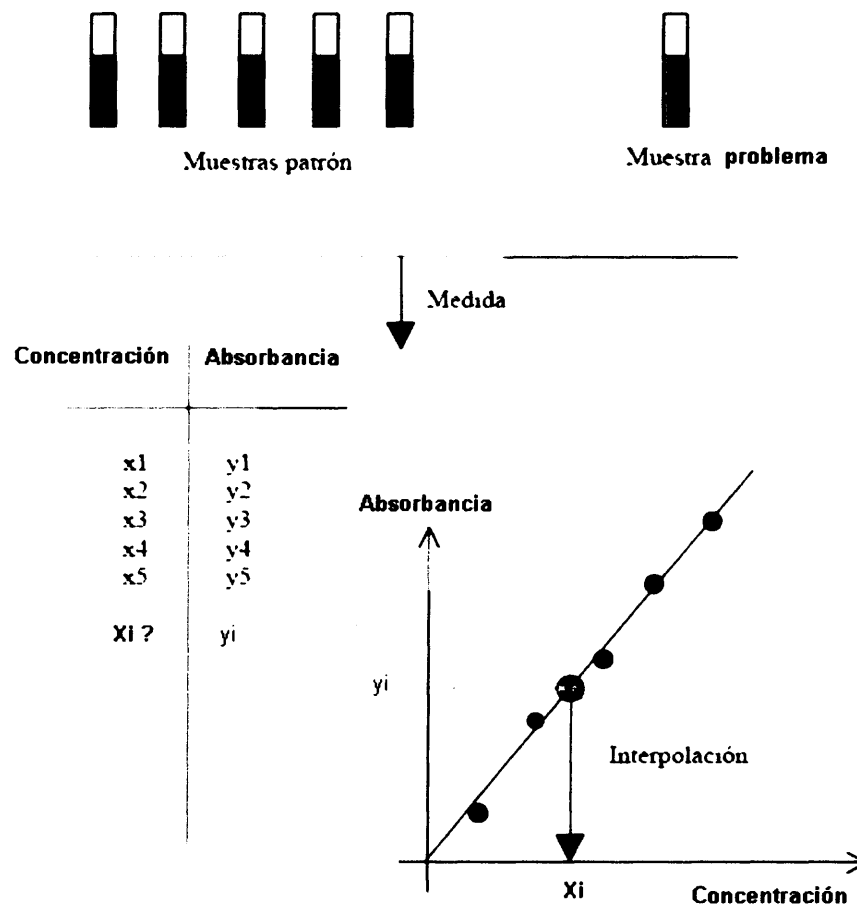


Figura 2.12. Utilización de una recta de calibrado.

El método colorimétrico empleado para hallar la concentración de creatinina es el desarrollado por Jaffé en 1896 (Bonsnes y Taussky, 1945; Chasson *et al.*, 1961). Éste consiste en utilizar un reactivo denominado ácido pícrico, el cual al unirse a la creatinina, en un medio básico, forma un compuesto de color rojo-

anaranjado denominado complejo de Janovski o tautómero de picrato de creatinina (figura 2.13).

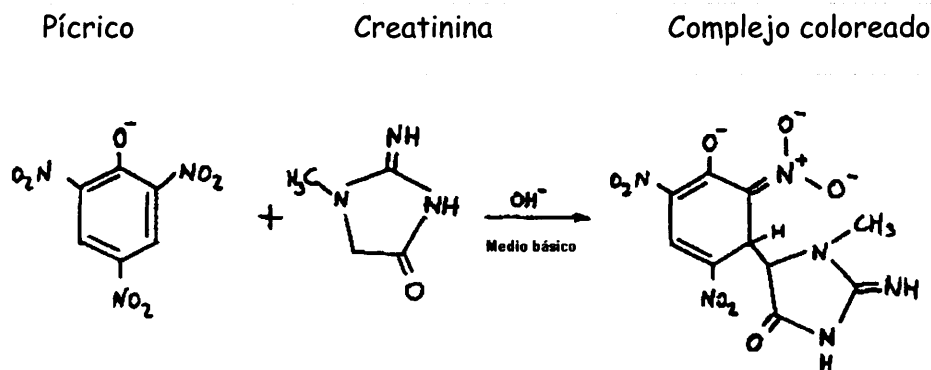


Figura 2.13. Reacción del método de Jaffé.

El máximo del espectro de absorción del complejo es a 480-490 nm, si bien se mide a una longitud de onda de 520 nm para evitar interferencias con el reactivo. El proceso es específico y sensible, aunque puede registrar otros compuestos presentes en la orina como son, entre otros, los derivados de la acetona, el acetato y la glucosa, en tal caso el valor puede dar ligeramente incrementado. No obstante, es de fácil realización, automatización y bajo coste, además para aumentar la eficacia se pueden emplear absorbentes que aislen previamente a la creatinina, como por ejemplo el silicato de aluminio, si bien su uso aumenta la complejidad del análisis.

En este estudio no se ha recogido la orina de 24 horas sino que se han tomado dos muestras, se dieron instrucciones a los individuos para que una correspondiese con la de la primera hora de la mañana y la otra se recogiese a mediodía, todas ellas se congelaron hasta su posterior análisis. Ya que la excreción de orina diaria oscila entre 1000 ml y 1500 ml (Guyton, 1988), se ha considerado

tomar un valor intermedio, es decir, 1250 ml. El protocolo seguido se detalla en las figuras 2.14, 2.15 y 2.16, y básicamente ha consistido en:

- Preparar una batería de disoluciones patrón de creatinina (se partió de una concentración de creatinina de 20  $\mu\text{g/ml}$ ).
- Descongelar la orina y preparar disoluciones con agua destilada, en concreto se efectuaron tres.
- Mezclar ambas disoluciones, muestra y patrón, con ácido pícrico, y echar hidróxido sódico (1 Molar), ya que la reacción requiere un medio básico.
- Agitar los componentes, dejar reposar 15 minutos, y medir la absorbancia a una longitud de onda de 520 nm frente al blanco (absorbancia 0).
- Por último, construir una recta de regresión o calibrado con las disoluciones patrón, absorbancia en ordenadas y concentración en abcisas, con la que comparar las muestras de orina y hallar su concentración.

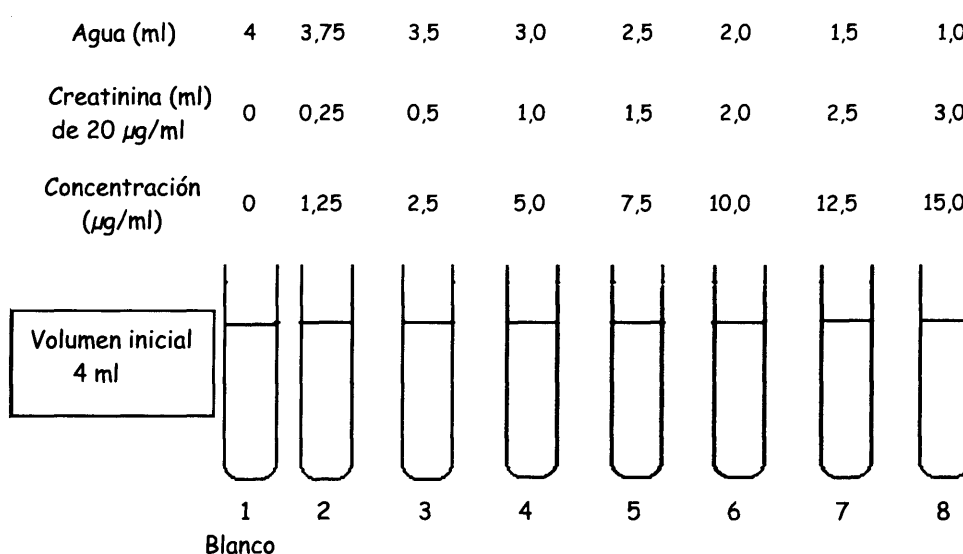


Figura 2.14. Disoluciones patrón.

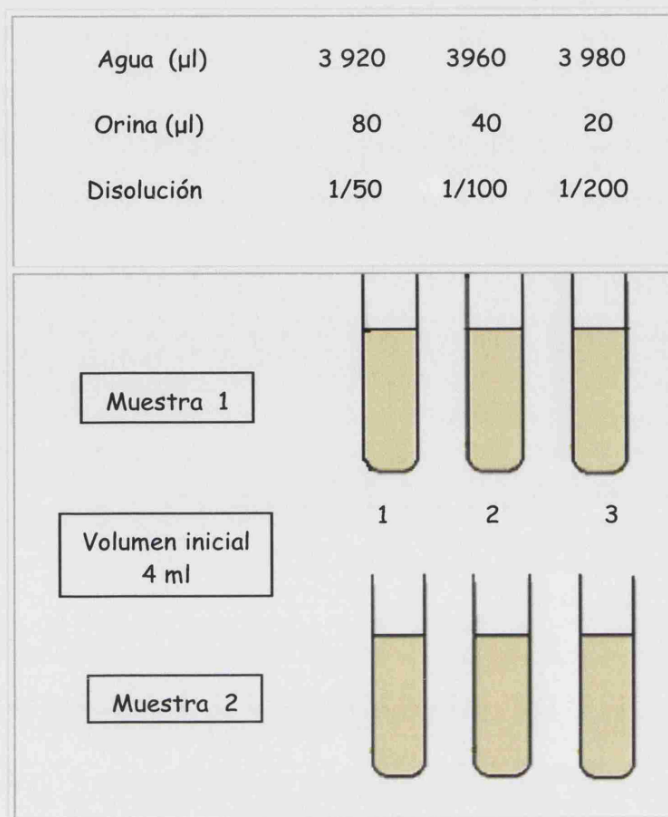


Figura 2.15. Disoluciones muestra.

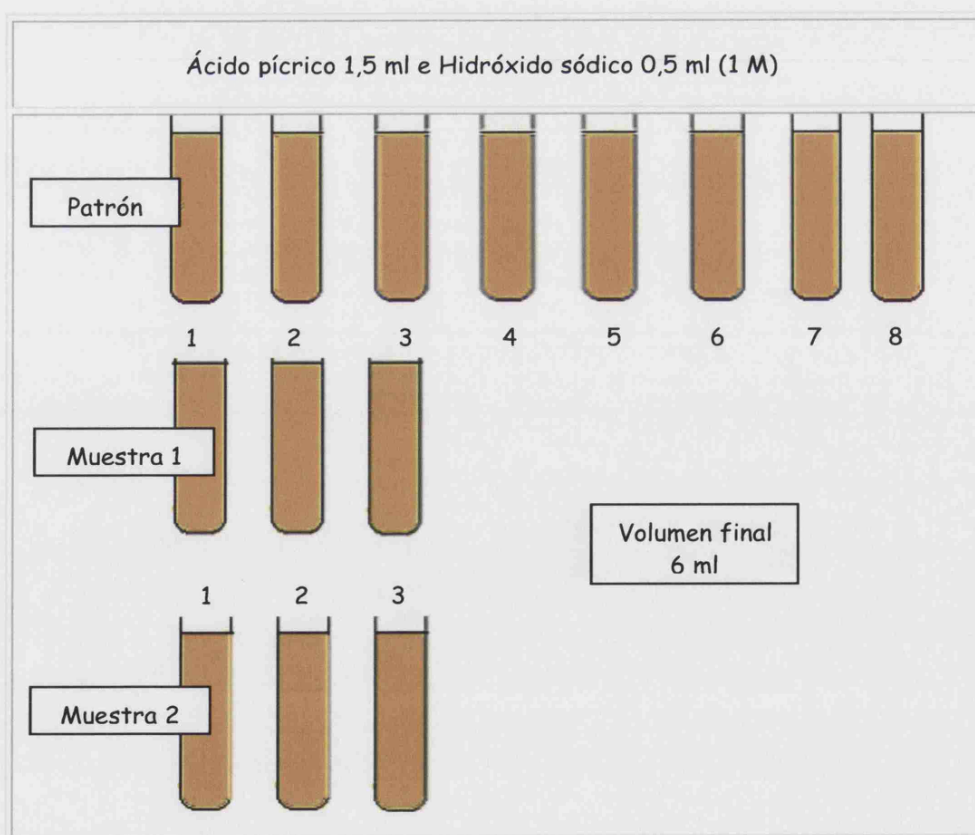


Figura 2.16. Disoluciones muestra y patrón tras reaccionar con ácido pícrico.

La concentración de creatinina ( $\mu\text{g/ml}$ ) obtenida por colorimetría se corresponde con la existente en el tubo de ensayo (de volumen 6 ml), por lo que para calcular la concentración y la cantidad en la orina del individuo se realizan los siguientes pasos (tabla 2.17):

Estimar la concentración de creatinina en orina.

1. Hallar la concentración inicial.  $C_i$  ( $\mu\text{g/ml}$ ):

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f$$

$C_i$  = concentración inicial.

$V_i$  = volumen inicial: 4 ml.

$C_f$  = concentración final (recta de calibrado).

$V_f$  = volumen final: 6 ml.

2. Calcular la concentración teniendo en cuenta el factor de dilución: 50, 100 ó 200.  $C_d$  ( $\mu\text{g/ml}$ ):

$$C_d = C_i \times \text{factor de dilución.}$$

3. Hacer la media de las dos muestras recogidas en cada individuo,  $C_m$  ( $\mu\text{g/ml}$ ):

$$C_m = \frac{C_{d1} + C_{d2}}{2}$$

Obtener la cantidad de creatinina expulsada.

4. Como valor medio de la orina producida en un día puede tomarse 1250 ml, para expresarlo en mg se divide entre 1000, siendo la cantidad de creatinina excretada en un día,  $C_o$  (mg):

$$C_o = \frac{C_m \times 1250}{1000}$$

Tabla 2.17. Cálculo de la concentración y cantidad de creatinina en orina.

### 2.4.3. Fundamento del método

Antes de describir la presente técnica hay que considerar los aspectos más relevantes de la bioquímica de la creatina y creatinina en el organismo, esto es: síntesis, transporte y degradación. Así mismo, se comentan en este apartado los diversos factores que condicionan la excreción urinaria de este metabolito.

**Bioquímica de creatina. Síntesis y transporte:** la creatina es un compuesto orgánico nitrogenado que se fabrica en el hígado, páncreas y riñón (Sandberg *et al.*, 1953; Walker y Walker, 1959; Seraydarian y Artaza, 1976; Walker, 1979; Sipilä *et al.*, 1981; Savabi, 1988), como precursores se emplean inicialmente los aminoácidos arginina y glicina participando posteriormente la metionina (Bloch y Schoenheimer, 1941; Kathleen y Escott-Stump, 1998).

Borsook y Dubnoff (1947) fueron los que inicialmente propusieron como primer paso de la reacción la formación de un compuesto intermedio denominado acetato de guanidina, ésta es catalizada por la glicina amidinotransferasa (AGAT) que pertenece a la familia de las transaminasas. La citada enzima se encuentra en el riñón, páncreas, hígado, cerebro, bazo y glándulas mamarias, la síntesis se realiza predominantemente en el primero de los citados órganos.

La reacción está regulada por una inhibición feedback que ejerce la creatina a la transaminasa y es modificada por la testosterona (Walker, 1979), hormona que aumenta los niveles de la enzima, y que por tanto, consigue que se incremente la síntesis de los productos. Krisko y Walker (1966) han sugerido que el mayor coeficiente de creatinina (mg de creatinina excretada al día por kg de peso) que suelen presentar los varones puede explicarse en base a esto.

Como se observa en la figura 2.17 la síntesis continúa con una segunda etapa en la que se produce una metilación, es decir, se añade un radical  $-\text{CH}_3$ , el dador de dicho grupo es la metionina, que es, por tanto, el tercer aminoácido precursor. La reacción es catalizada por la guanidinoacetato N-metiltransferasa y como producto se forma la molécula de alfa-metil-guanidinacético, conocida con el nombre de creatina (Cr). A diferencia de la anterior esta reacción es irreversible y ocurre principalmente en el hígado (Walker, 1979; Wyss y Kaddurah-Daouk, 2000).

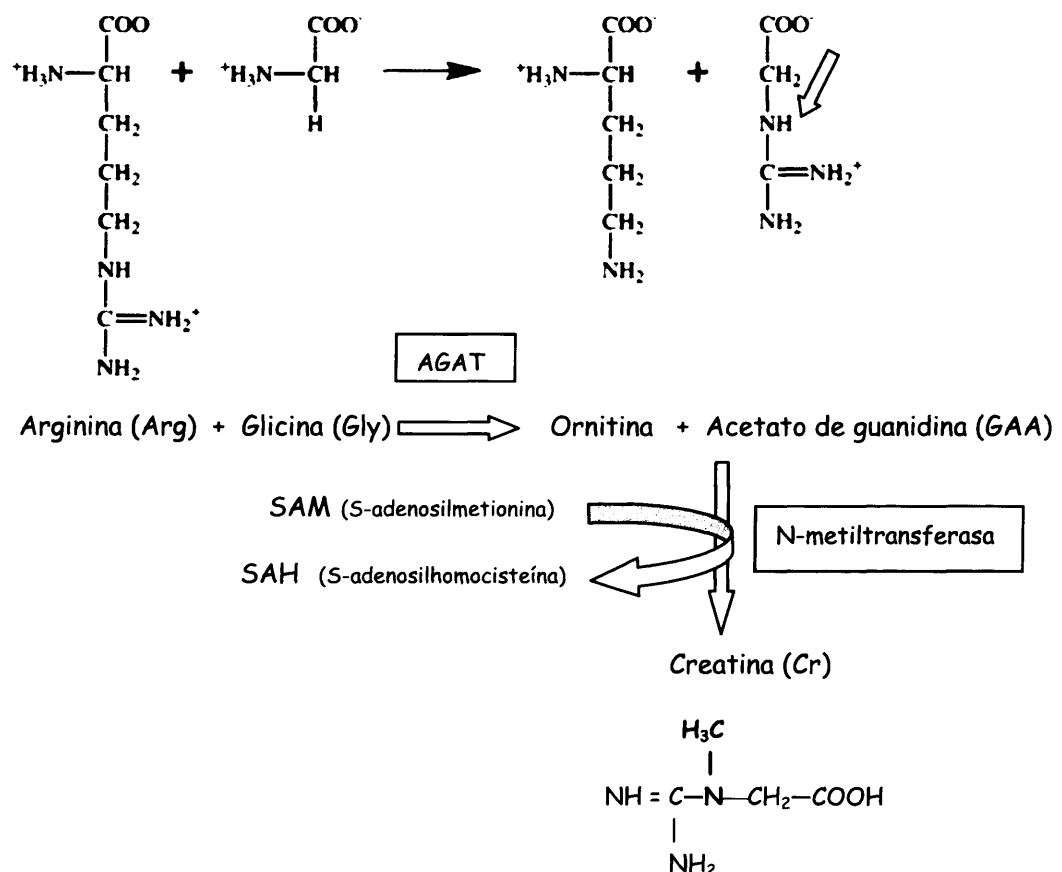


Figura 2.17. Reacción de síntesis de creatina.



Una vez sintetizada la molécula puede dirigirse a varios tejidos y órganos, aunque aproximadamente el 98% (120 g en un adulto de 70 kg) circula desde el plasma sanguíneo hasta el interior de las células musculares (Hunter, 1928; Borsook y Dubnoff, 1947). A éstas pasa por transporte activo, siendo en algunas ocasiones cotransportado con el ión  $\text{Na}^+$  (Loike *et al.*, 1988; Guimbal y Kilimann, 1993). Se ha constatado que el aumento de transportadores, la insulina, la vitamina E y el ejercicio, pueden producir un incremento del transporte hacia el músculo (Gerber *et al.*, 1962; Koszalka y Andrew, 1972; Harris *et al.*, 1992; Sora *et al.*, 1994).

**Degradación:** una vez está en el interior de las células la mayor parte de la creatina desaparece al reaccionar con el ATP, y se forma un compuesto altamente energético necesario para el correcto funcionamiento del músculo: la fosfocreatina (PCr). La finalidad por la cual se lleva a cabo esta síntesis hay que buscarla en el metabolismo energético característico de las fibras musculares.

Durante el ejercicio físico las citadas células satisfacen sus necesidades a través del consumo de sustratos, que provienen tanto de las reservas del organismo como de la ingestión diaria de nutrientes, la energía necesaria la obtienen de los carbohidratos, proteínas y lípidos. Sin embargo, estas biomoléculas no son utilizadas directamente para realizar un trabajo sino que la energía liberada por el metabolismo de dichos compuestos es almacenada transitoriamente en forma de adenosín trifosfato o ATP.

La cantidad de ATP presente en las células es relativamente pequeña, tan solo permite mantener la contracción durante unos pocos segundos, por tanto, una

vez que es consumida la molécula debe ser reciclada constantemente. La forma más rápida que tiene el organismo de resintetizarla, sin consumo de oxígeno, consiste en la transferencia de energía química al adenosín difosfato (ADP), a partir de otro compuesto rico en fosfato de alta energía. Estos fosfatos almacenadores de energía se denominan en general fosfágenos y, entre ellos, el que más abunda en los vertebrados es la fosfocreatina (Dorado *et al.*, 1997).

Como se observa en la figura 2.18 a partir de ATP y creatina se sintetiza ADP y fosfato de creatina, es una reacción reversible en la que dos isoenzimas creatín-quinasas (CK) se encargan de la conversión. La que transforma fosfato de creatina en creatina está en el citoplasma (CKc) y la que realiza el proceso contrario en la mitocondria (CKm). Del total de la creatina existente aproximadamente un 65% se encuentra unido a un grupo fosfato en forma de fosfocreatina, un 10% permanece libre y el resto está anclado a componentes intracelulares, y por tanto, no está disponible (Savabi, 1988). En un músculo en reposo se ha estimado que las concentraciones de estos tres metabolitos son: 25 mM para la fosfocreatina, 13 mM de creatina, frente a los tan sólo 4 mM de ATP, siendo por ello, el primero de los metabolitos mencionados una reserva importante de energía. Resumiendo, la molécula de fosfato alcanza niveles muy superiores a los del ATP, de hasta cuatro o cinco veces, si bien las reservas en el organismo nunca llegan a ser muy elevadas (Dorado *et al.*, 1997). Cuando se requiere energía es degradada formándose creatina y cediendo el grupo fosfato al ADP, es decir, el ATP no actúa como el principal depositario de la energía química sino que más bien lo hace como un transportador de esa energía.



$$\Delta G^0 (\text{reacción} \rightarrow) = -3 \text{ Kcal mol}^{-1}$$

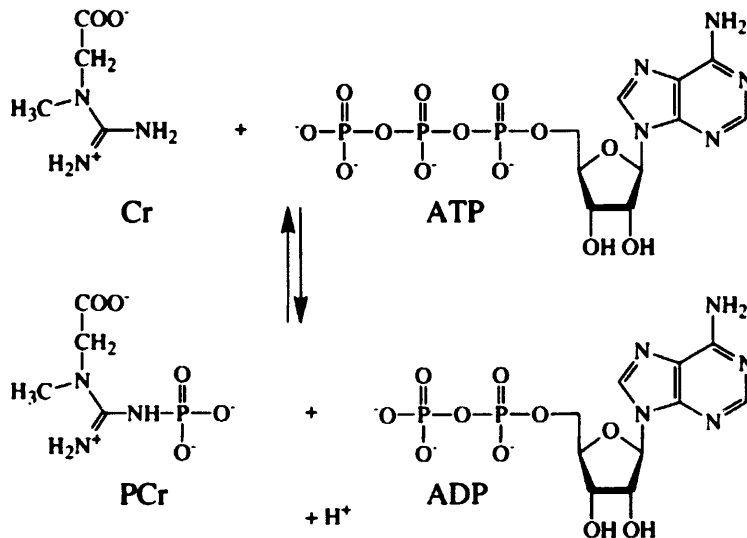


Figura 2.18. Síntesis y degradación de fosfato de creatina y creatina.

El valor negativo y elevado de la energía libre de la reacción mencionada ( $\Delta G^0 = -3 \text{ Kcal mol}^{-1}$ ) indica que el equilibrio está muy desplazado hacia la derecha, sintetizándose ATP. Además, se ve favorecido porque durante el ejercicio aumenta la concentración de iones de hidrógeno, al producirse moléculas de ácido láctico, y esto hace desplazarla hacia el lado en que se consumen los iones, es decir, en el sentido en el que se forma ATP. Así, el fosfato de creatina puede ceder su grupo fosfato resintetizando ATP en una cantidad muy superior a la máxima velocidad de hidrólisis de las ATPasas musculares. Se evita pues, que se acumule ADP y se proporciona una fuente de energía anaeróbica muy importante para la actividad muscular (Wallimann *et al.*, 1992), sobretodo en ejercicios de alta intensidad y corta duración (1-10 segundos).

El consumo de los depósitos de fosfato tiene lugar al empezar el ejercicio y durante la recuperación del esfuerzo se vuelven a formar, ya que por un lado, disminuyen los valores de iones  $H^+$ , y por otro, el metabolismo oxidativo proporciona ATP. En conclusión, ambas circunstancias producen que, al contrario que antes, el equilibrio se desplace hacia la izquierda y se resinteticen los valores de fosfocreatina (González *et al.*, 1988).

**Bioquímica creatinina. Síntesis:** no toda la creatina y fosfocreatina se encuentra reciclándose continuamente sino que aproximadamente un 1,10% de la primera y un 2,64 % de la segunda son degradados cada veinticuatro horas por hidrólisis no enzimática, formándose un nuevo metabolito denominado creatinina (Crn) (Saks *et al.*, 1978). Algunos autores obtienen que la cantidad total es algo inferior, en torno al 2% (Borsook y Dubnoff, 1947; Hoberman *et al.*, 1948; Crim *et al.*, 1975; Crim, 1976). En cualquier caso para formarse sus precursores pierden una molécula de agua, que se sintetiza a partir del grupo carboxilo y amino, la creatinina es por tanto el anhídrido de la creatina, además, como consecuencia de la salida de agua la molécula experimenta una ciclación (figura 2.19).

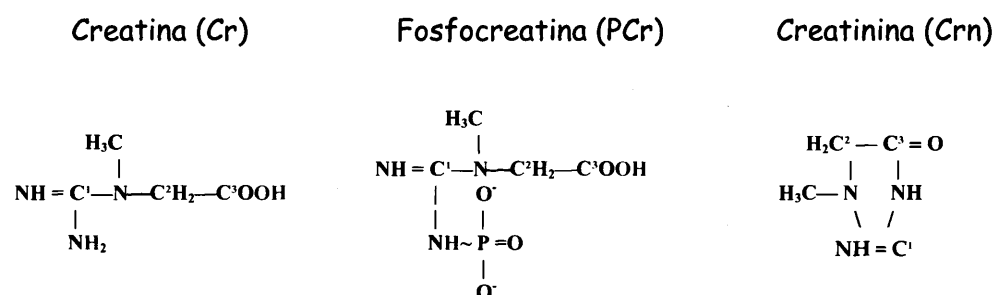


Figura 2.19. Composición química de creatina, fosfocreatina y creatinina.

**Transporte y excreción:** una vez formada la creatinina, al ser un metabolito nitrogenado sin utilidad, pasa al plasma y de allí al riñón, donde tras sufrir la filtración glomerular y una pequeña secreción tubular es expulsado (Bjornsson, 1979), en cambio, la creatina es reabsorbida por los túbulos renales y su excreción es prácticamente nula (Stryer, 1988). La creatinina es tras la urea el producto cuantitativamente más importante en la orina de los mamíferos, al ser exclusivamente eliminado por esta vía y no sufrir reabsorción tubular se utiliza para estudiar la filtración renal (Lehninger *et al.*, 1978). En las figuras 2.20 y 2.21 se muestra un resumen de todo el proceso expuesto anteriormente.

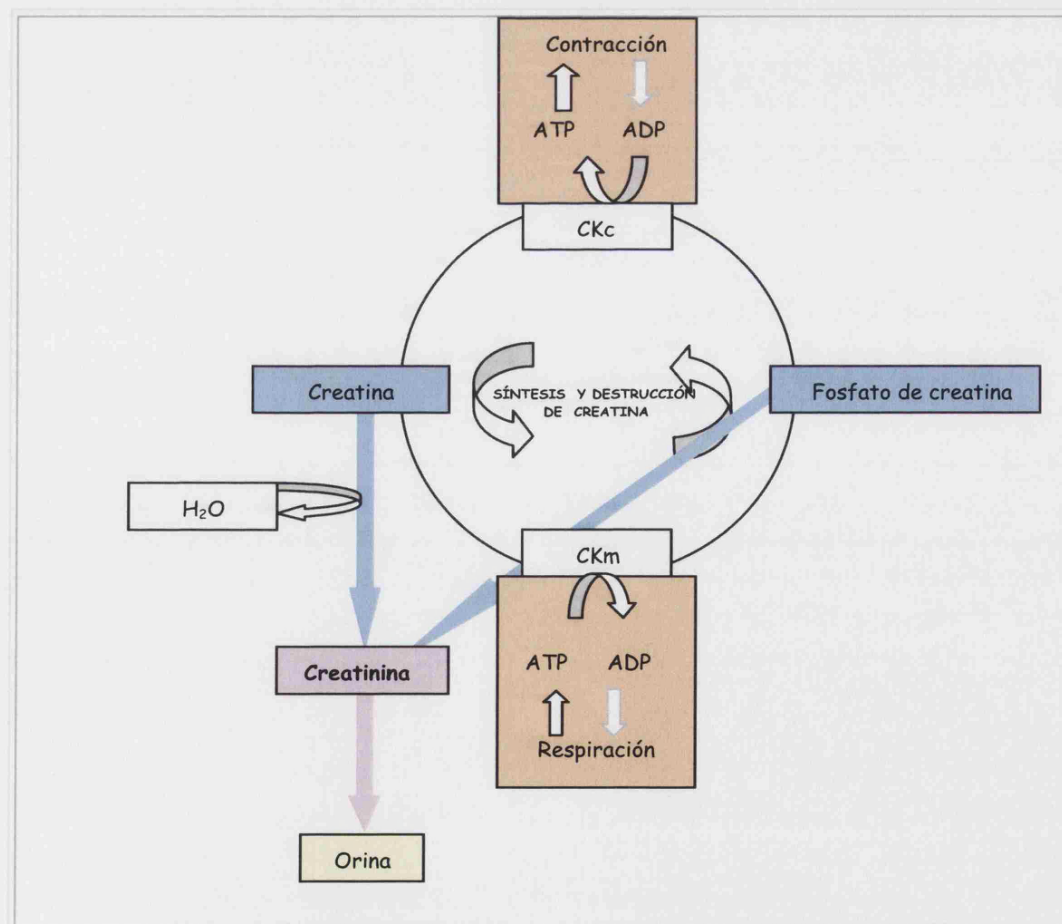


Figura 2.20. Síntesis y excreción de creatinina.

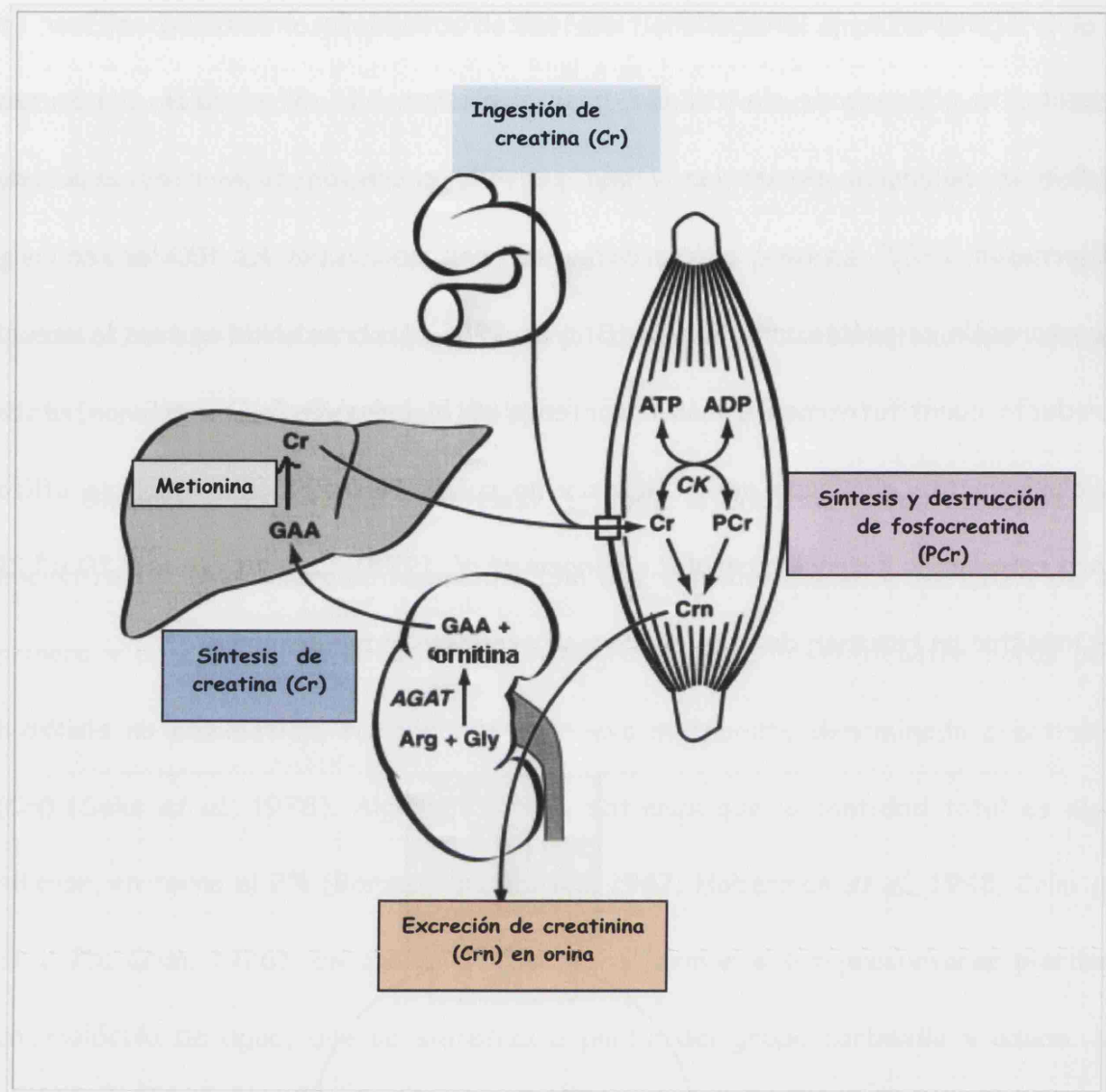


Figura 2.21. Recorrido de la creatina y creatinina en el organismo.

Se puede afirmar que la concentración de la creatinina en orina depende de la intensidad del trabajo muscular, en consecuencia, representa la masa muscular que posee un individuo. Si bien, al realizar esta extrapolación se asumen una serie de supuestos que hay que tener en cuenta (Heymsfield *et al.*, 1983):

- Casi toda la creatina está en el músculo esquelético y liso.
- La concentración de creatina por kg de músculo permanece invariable.
- Es convertida a creatinina irreversiblemente a una tasa concreta.

- La creatinina es excretada renalmente a valores constantes.

Respecto a las asunciones anteriores hay que tener presente la influencia que pueden ejercer ciertos factores, como son: crecimiento, ejercicio físico, alimentación, fisiología del individuo y técnica empleada. En concreto:

- La excreción en orina aumenta paulatinamente durante el crecimiento, junto con otros metabolitos como urea e hidroxilprolina, de tal forma que sus valores se incrementan de manera considerable con el inicio del estirón y la menarquia, además, se ha observado que el coeficiente de creatinina no permanece constante ni en intervalos de tiempo pequeños (Togo y Togo, 1988). Estudios transversales y longitudinales han revelado variaciones de la masa muscular y la excreción de creatinina a lo largo de la ontogenia, por ello, las ecuaciones obtenidas a partir de población juvenil, y que permiten estimar dicha masa, no resultan ser válidas para otras edades. También, se ha puesto de manifiesto que posiblemente la conversión de creatina a creatinina se ve alterada con la edad (Forbes y Bruining, 1976; Forbes, 1987).

- El ejercicio físico aumenta los niveles de creatinina en orina, principalmente tras un trabajo intenso de corta duración, el incremento en la excreción puede llegar a ser de un 5-10% (Hobson, 1939; Srivastava *et al.*, 1957).

- La dieta y su influencia también ha sido examinada en numerosas ocasiones (Van Pilsum, 1957; Bleiler y Schedl, 1962; Crim, 1976; Lykken *et al.*, 1980), principalmente se ha constatado que se eleva la excreción en aquellas que poseen un alto número de proteínas y/o son ricas en carne (Crim *et al.*, 1975).

- Macy *et al.* (1970) recogen en su trabajo que 200 g de carne (que es la media que toma un individuo al día en Estados Unidos) contienen 700 mg de creatina y 37 mg de creatinina. Harris *et al.* (1992) estiman que 1 kg de carne fresca equivale a 5 g de creatina, esto lleva a plantear la idea de que para realizar este tipo de estudios es recomendable una dieta baja en creatina, es decir, libre de carne (Heymsfield *et al.*, 1983).

- Como media la ingestión de creatina en la dieta suele ser de 1-2 g diarios, aunque ya se ha detallado anteriormente que depende primordialmente del tipo de alimentación, en la tabla 2.18 se observa que su presencia es particularmente abundante en carnes y pescados.

Alimento		Creatina
Carne	Cerdo	5,0
	Vacuno	4,5
	Pollo	<0,01
	Arenque	6,5
Pescado	Salmón	4,5
	Atún	4,0
	Bacalao	3,0
Lácteos	Leche	0,1
Frutas	Arándanos	0,02

Tabla 2.18. Fuentes alimenticias de la creatina.  
Expresado en gramos de creatina por kilogramo de alimento.

- En ocasiones se produce una suplementación de creatina en la dieta, mayormente en individuos que hacen deporte, ya que su consumo se asocia con la mejora en el rendimiento físico, principalmente en los esfuerzos de corta duración,



y también se ha observado que produce un incremento de la masa magra (Sipila *et al.*, 1981; Balsom *et al.*, 1993; Birch *et al.*, 1994; Balsom *et al.*, 1995; Gordon *et al.*, 1995; Kreis *et al.*, 1996; Ricosanz, 1997; Mihic *et al.*, 2000). Se ha estimado que la máxima retención de creatina en el organismo es de 6 g, con dosis de 20 g al día (Hultman *et al.*, 1996), lo que indica que hay un límite en el proceso de absorción y transporte al músculo.

- Se debe considerar las fuentes de creatinina que no proceden de masa muscular esquelética, anteriormente se ha indicado que la cantidad que no ingresa en dicho tejido puede llegar a ser de hasta un 2%, en tal caso, procede del músculo liso, cerebro y otros órganos (Afting *et al.*, 1981; Heymsfield *et al.*, 1983).

- En situaciones de estrés se han encontrado niveles de excreción mayor (Scrimshaw *et al.*, 1966). Por el contrario, Smith (1942) muestra en su estudio la existencia de una disminución de la creatina y creatinina durante la menstruación o en días anteriores, aumentando de un 5% a un 10% a partir de entonces.

- A edades tempranas o elevadas disminuye la excreción debido a la menor masa muscular, si bien, esto no representa ningún problema en las estimaciones porque la tasa de proporción se mantiene constante, es decir, se excreta la misma cantidad por kg de masa muscular.

- Estados postraumáticos o patológicos del sujeto, con alteraciones metabólicas en músculo o riñón, pueden aumentar o disminuir los niveles de excreción (Frawley *et al.*, 1955; Waterlow *et al.*, 1972; Schiller *et al.*, 1979; Threlfall *et al.*, 1981). En este sentido se ha constatado que liberan mayor cantidad

los enfermos de *diabetes mellitus*, gigantismo o hipotiroidismo, y menos, en casos de anemia, leucemia e hipertiroidismo.

- Se ha comprobado que problemas en la filtración glomerular pueden provocar un descenso (Goldman, 1954; Jones y Burnett, 1974; Mitch y Walser, 1978; Mitch *et al.*, 1980).

- Se recomienda, debido a la labilidad de la creatinina, usar muestras frescas. La influencia del método de análisis usado puede producir también algunas variaciones considerables (Heymsfield *et al.*, 1983).

- Una limitación importante a tener en cuenta es la variabilidad que muestra un individuo en la excreción diaria, por causas no atribuibles a los factores anteriores. Se han registrado variaciones del 11 al 30% (Bleiler y Schedl, 1962; Greenblatt *et al.*, 1976; Ransil *et al.*, 1977; Duarte *et al.*, 1980; Lykken *et al.*, 1980), este rango puede reducirse hasta el 5%-8% en dietas libres de carne (Lukaski y Mendez, 1980; Lykken *et al.*, 1980; Wang *et al.*, 1996; Welle *et al.*, 1996).

- Forbes y Bruining (1976) han demostrado que un error en la recolección de la muestra de tan sólo 15 minutos, puede producir un error del 1% en la determinación de creatinina. Por todo lo anterior, diversos autores recomiendan la recogida de la orina de 24 horas y durante 3 días consecutivos, ya que consideran que es la única forma de poder reducir la mencionada variación intraindividual.

En resumen, los factores anteriormente expuestos, y en especial el concerniente a la variabilidad intraindividual, sugieren que la cantidad de creatinina no está bajo control metabólico estricto, y en consecuencia, se ha llegado a

plantear que la excreción de creatinina puede ser, en cierta medida, independiente de la composición corporal (Lukaski, 1996).

#### 2.4.4. Ecuaciones empleadas

Pese a las limitaciones citadas, en líneas generales siempre se ha considerado que la creatinina expulsada en orina es proporcional a la masa muscular. Las primeras estimaciones numéricas que relacionaron ambas variables fueron las establecidas por Talbot (1938), según el cual 1 g de creatinina excretada al día se corresponde con aproximadamente 18 kg de masa muscular, por otro lado, Graystone (1968) sugirió una cantidad algo superior, correspondiente a 20 kg.

Por su parte, Forbes y Bruining (1976) pusieron de manifiesto lo inadecuado de utilizar una relación constante sin tener en cuenta factores como la edad, sexo, grado de madurez, entrenamiento físico y estado metabólico. Además de su cálculo en orina otros investigadores como Schutte *et al.* (1981) propusieron emplear como índice para calcular la masa muscular la cantidad circulante, estimando una relación de 0,9-1,0 kg de músculo por cada miligramo de creatinina en plasma.

Las ecuaciones que relacionan masa muscular con creatinina usadas en este estudio se detallan en la tabla 2.20 (se indica un superíndice numérico si son del mismo autor), como se observa, se pueden dividir en dos grupos (tabla 2.19):

Ecuación tipo 1: considera que ambas variables son directamente proporcionales y calculan la constante (k) que las relaciona. Es una ecuación lineal de proporcionalidad.

Ecuación tipo 2: establece la relación por medio de una expresión lineal afín, que es como la anterior pero añadiendo un término independiente (a).

$$1 \quad \text{Masa muscular (kg)} = k \times \text{creatinina (g)}.$$

$$2 \quad \text{Masa muscular (kg)} = a + b \times \text{creatinina (g)}.$$

Tabla 2.19. Ecuaciones de creatinina y masa muscular.

También se distinguen varios tipos según la creatinina se correlacione con la masa muscular total (WWM), masa muscular libre de grasa (FFWM) o masa libre de grasa (FFM). La relación entre ellas es:

- La masa muscular libre de grasa (FFWM) es un 2-5% inferior a la masa muscular total (WWM) (Heymsfield *et al.*, 1983).

- La masa muscular total (WWM) dividida por 0,49 da lugar a la masa libre de grasa (FFM), basado en el estudio de cadáveres belgas (Clarys *et al.*, 1984). Por lo tanto el valor de la FFM es prácticamente el doble que el de WWM.

Se han aplicado las ecuaciones de la tabla 2.20 a la muestra de este estudio y en todos los casos se ha calculado la masa libre de grasa (FFM), para ello se han tenido en cuenta los factores de conversión entre las tres masas (FFWM, WWM y FFM) enumerados anteriormente. El valor hallado es por tanto bastante aproximado, excepto al usar las ecuaciones de Forbes y Bruining<sup>1-2</sup> (1976) que son las únicas en las que los autores proporcionan las constantes que permiten calcular directamente FFM. Además hay que hacer notar que algunas se han obtenido a partir de pequeñas muestras, en niños, o a partir de solamente varones. Dadas las

limitaciones mencionadas, se han aplicado indistintamente todas a la muestra tomada en este estudio, a fin de validar o no dichas ecuaciones.

Autor/es	Muestra*	Método comparativo	Estimación masa muscular (WWM, FFWM o FFM)
Bürger (1919)	Dieta normal	Disección**	k = 22,9 ( WWM)
Talbot (1938)	Dieta normal Adultos	Disección**	k = 17,9 (WWM)
Graystone (1968)	Dieta baja en carne Niños	Isótopos	k = 20 (FFWM)
Kriesberg <i>et al.</i> (1970)	Dieta normal. Adultos con enfermedades	$^{14}\text{C}$ -creatina	k = 16,2 (FFWM)
Picou <i>et al.</i> (1976)	Dieta sin carne Niños	$^{15}\text{N}$ -creatina	k = 18,6 (WWM)
Wang <i>et al.</i> <sup>1</sup> (1996)	1. n = 12 varones Dieta sin carne Orina 24 horas 3 días	TAC	k = 21,8 (WWM)
Forbes y Bruining <sup>1-2</sup> (1976)	1. n = 34; dieta normal 2. n = 57; sin carne Adultos y niños	Potasio 40	1. a = 7,4 ; b = 29,1 (FFM) 2. a = 20,7; b = 24,1 (FFM)
Forbes <sup>3-4</sup> (1987)	3. Dieta normal 4. Dieta sin carne	Potasio 40	3. a = 3,6; b = 14,4 (WWM) 4. a = 10,1; b = 11,8 (WWM)
Wang <i>et al.</i> <sup>2</sup> (1996)	2. n = 12 varones Dieta sin carne Orina 24 horas 3 días	TAC	a = 4,1; b = 18,9 (WWM)

Tabla 2.20. Ecuaciones de composición corporal por creatinina (citadas las cinco primeras por Heymsfield *et al.* (1983) y el resto por Wang *et al.* (1996)).

K, a y b = constantes de las ecuaciones (ver tabla 2.19).

\* La creatinina en orina se valora con un autoanalizador que realiza la reacción de Jaffé (1896).

\*\* Disección de Vierord (1906): un hombre de 63,1 kg posee 25,4 kg de masa muscular.



A partir del valor de la creatinina se puede hallar el índice estatura-creatinina, que se define como la creatinina excretada en 24 horas dividida entre la creatinina ideal según la estatura del sujeto (valor de referencia) multiplicado por cien. El citado índice permite evaluar el grado de pérdida y ganancia de proteínas en individuos malnutridos, una disminución es indicativa de una pérdida de músculo; en concreto, una puntuación de 60-80% muestra una débil deficiencia y un valor menor un déficit considerable (Viteri y Alvarado, 1970; Gibson, 1990; Figueroa-Colon, 1993). Así mismo, es interesante calcular el coeficiente de creatinina, que es la cantidad, en miligramos, excretada en la orina de un día y expresada por kilogramo de peso del individuo, este valor varía en función del sexo y la edad. En este trabajo se ha estimado dicho coeficiente (tabla 2.21):

$$\text{Coeficiente creatinina} = \text{creatinina (mg)} / \text{peso (kg)}$$

Tabla 2.21. Coeficiente de creatinina en orina.

Pemberton y Gastineau (1988) dan como promedio para un adulto un coeficiente de 23 mg/kg en varones y de 18 mg/kg en mujeres; más concretamente, en la tabla 2.22 se citan valores de referencia considerablemente amplios establecidos por Easthamn (1985).

Edad (años)	Sexo	Coeficiente (mg/kg)
4-18	Mujeres	24-26
	Varones	20-22
> 18	Mujeres	9-25
	Varones	7-21

Tabla 2.22. Valores para el coeficiente de creatinina (Easthamn, 1985).

## 2.5. ESTADÍSTICA

El procesamiento estadístico se realizó utilizando los programas informáticos SPSS (10,0; 1995), STATISTICA (6,0; 2001) y EXCEL (XP; 2002).

### 2.5.1. Estadística descriptiva

Se ha estimado la media y la desviación típica para cada una de las variables directas e indirectas analizadas. En el caso de la creatinina, al ser una técnica menos empleada, se ha hallado el error cometido por colorimetría, para ello, se ha realizado la determinación de creatinina en orina dos veces a partir de una misma muestra. Con estos datos se ha aplicado la ecuación para variables cuantitativas continuas de Johnston (1986), la cual permite estimar la repetibilidad o el error intraobservador (tabla 2.23).

$$\text{Error} = \sqrt{(\sum d^2)/2N}$$

d = diferencia entre dos medidas duplicadas.

N = nº de individuos.

Tabla 2.23. Fórmula de Johnston (1986).

### 2.5.2. Estadística comparativa

Por un lado, a fin de caracterizar la muestra se han establecido algunas diferencias entre sexos, aplicando para ello una prueba estadística paramétrica de comparación de medias ampliamente utilizada y que se denomina "t de Student" (Lamotte, 1965). Así mismo, para comprobar la normalidad de las variables se aplicó

el test "Kolmogorov-Smirnov", y en caso de no seguir dicha distribución se empleó una prueba de tipo no paramétrico (Pértegas y Pita, 2001). Hay que resaltar que éstas se caracterizan porque eliminan las suposiciones restrictivas de las pruebas paramétricas, que se pueden usar con muestras pequeñas y con datos cualitativos, si bien como desventaja hay que indicar que son más exigentes a la hora de rechazar la hipótesis nula (las medias son iguales), cometiendo por tanto con mayor frecuencia lo que se conoce en estadística como un error de tipo II. Obviamente van a existir diferencias según el test estadístico no paramétrico que se emplee, por ello, se ha considerado conveniente escoger el test homólogo a la "t-Student" que se denomina "U de Mann-Whitney", el cual tiene una potencia relativa al 95% con respecto a la "t" (con una muestra de 100 sujetos en la "U" se consigue la misma potencia que aplicando la "t" a 95) (Pértegas y Pita, 2001).

Por otro lado, hay que reseñar que una situación bastante habitual en una investigación es la de analizar la asociación existente entre dos variables continuas obtenidas por procedimientos distintos, de hecho, en el presente trabajo se han de comparar medidas de antropometría, bioimpedancia y creatinina. Por eso es necesario contar con una serie de parámetros estadísticos que de algún modo midan la relación existente entre ellas. Una de las primeras herramientas utilizadas desde hace tiempo para estudiar la asociación ha sido la covarianza, si bien presenta el inconveniente de que su valor depende de las unidades tomadas en las dos variables. De manera que cuando una de ellas varía su escala de medida la covarianza se ve afectada y se modifica. Partiendo de este término Karl Pearson (1857-1936) propuso un índice que corregía dicho error, es decir, es independiente



de la escala, al que denominó coeficiente de correlación lineal. Desde entonces se han descrito parámetros estadísticos similares e incluso procedimientos de tipo gráfico, que pueden emplearse para estimar la fiabilidad de las mediciones realizadas entre diversos métodos.

### 2.5.2.1. Coeficientes de correlación

El coeficiente de correlación mide la posible relación entre variables cuantitativas y continuas, cuando dicha relación es de tipo lineal existen, entre otros, el de Pearson y el intraclass, sus características se muestran a continuación.

**Coeficiente de correlación lineal de Pearson (r ó R):** se halla dividiendo la covarianza existente entre dos variables por el producto de las desviaciones estándar de ambas variables, su expresión matemática simplificada se indica en la tabla 2.24, se representa con la letra r ó R.

$$R = \frac{S_{xy}}{s_x \times s_y}$$

$S_{xy}$ : covarianza de X e Y.

$s_x, s_y$ : desviaciones típicas de X e Y.

Tabla 2.24. Coeficiente de correlación Pearson.

La característica fundamental de este índice es que mide la posible existencia de relación lineal entre dos variables y que sus valores se encuentran comprendidos entre el intervalo  $[-1, +1]$ , además, no cambia cuando se realiza una variación de escala o de origen, lo que muestra que no tiene dimensión. Un valor

igual a cero indica una independencia total entre las dos variables, es decir, cuando una de ellas varía esto no influye en absoluto en el valor que toma la otra. Por el contrario, una puntuación cercana a -1 muestra una dependencia total, llamada relación inversa, de modo que cuando una de ellas aumenta la otra disminuye. De igual manera, un coeficiente de correlación igual a +1 indica una dependencia total, pero en este caso se denominada relación directa y ambas variables varían en el mismo sentido.

Una vez analizada sus propiedades hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. El coeficiente de correlación de Pearson mide la relación lineal, y un valor cercano a cero no significa que los puntos no estén relacionados sino que no es lineal, pudiendo haber de algún otro tipo, en tal caso, conviene utilizar coeficientes más apropiados.

2. Se ha constatado que el valor del coeficiente puede depender del rango de valores observados en la muestra, de tal forma que al incluir valores extremos éste posiblemente aumenta (Molinero, 2001).

3. En relación al punto anterior se considera que la fiabilidad entre dos métodos es buena cuando el coeficiente es significativamente distinto de cero, sin embargo, un valor pequeño puede resultar significativamente distinto de cero si el tamaño muestral es grande. De igual forma, uno alto puede dejar de serlo en un estudio con pocos individuos, es decir, influye notablemente el tamaño muestral (Molinero, 2001).

**Coeficiente de correlación lineal intraclase (CCI):** fue introducido por Fisher como una formulación especial de la R de Pearson (Bravo y Potvin, 1991). Se basa en un modelo de análisis de la varianza que permite estudiar y distinguir la variabilidad debida a diferencias entre: sujetos, métodos, y variación aleatoria o residual asociada al error de la medición; además, posibilita la comparación de más de dos observaciones por individuo.

Destaca porque al estimar el promedio de las correlaciones entre todas las posibles ordenaciones, de los pares de observaciones, evita el problema de la dependencia del orden de otros coeficientes (Su expresión matemática está recogida en la tabla 2.25).

$$CCI = (SD^2_A + SD^2_B - SD^2_{AB}) / (SD^2_A + SD^2_B + X^2_{AB} - (SD^2_{AB}/n))$$

$SD_A$ ,  $SD_B$  y  $SD_{AB}$  = desviación típica del método A, B y de la diferencia entre ambos.

$X_{AB}$  = media de las diferencias entre ambos métodos.

n = número de individuos.

Tabla 2.25. Coeficiente de correlación intraclase.

Este coeficiente ha sido ampliamente utilizado en estudios de concordancia entre pares de medias (Müller y Büttner, 1994; Williams y Balen, 1998). Fleiss (1986) y Jiménez (1994) establecen su relación con el grado de concordancia (tabla 2.26), considerando que ésta es buena a partir de un coeficiente de 0,71 y muy buena de 0,91 en adelante.

CCI	Concordancia
1-0,91	Muy buena
0,90-0,71	Buena
0,70-0,51	Moderada
0,50-0,31	Mediocre
0,31-0	Mala

Tabla 2.26. Concordancia según el valor de CCI.

También tiene algunas limitaciones, entre ellas, diversos autores (Del Cañizo *et al.*, 1997; Gómez de la Cámara *et al.*, 1997; Prieto *et al.*, 1998; Gómez *et al.*, 2001) señalan las siguientes:

1. Al ser una prueba paramétrica deben valorarse las posibles desviaciones, y hay que tener en cuenta la normalidad de la distribución de las variables, la igualdad de las variancias y la independencia entre los errores de cada observador.
2. El CCI depende de la variabilidad de los valores observados, de tal forma que tiende a ser mayor cuanto más heterogéneas son las muestras.
3. El CCI se expresa en términos absolutos, por lo que debe tenerse en cuenta la significación clínica de las diferencias observadas.
4. Puede sobrevalorar el grado de acuerdo real, especialmente cuando la variabilidad intrasujetos es inferior a la variabilidad entre sujetos.

Se calcule uno u otro coeficiente hay que tener presente que los términos de concordancia y correlación, aunque a veces se usan indistintamente, no significan lo mismo (Altman y Bland, 1983; Bland y Altman, 1986).

Así por ejemplo, como se ilustra en la tabla 2.27, si entre dos métodos hay una relación matemática lineal perfecta (método B = método A + 5) la correlación tendrá el valor de +1. Ahora bien, puede que lo obtenido por ambos métodos no sean valores cercanos y que con un método las puntuaciones sean siempre bastante más altas que al usar el otro (con B siempre es más alta que con A), no habrá por tanto una buena concordancia. Para paliar este tipo de situaciones surge el método desarrollado por Bland y Altman (1986) que se detalla en el siguiente apartado.

Medidas	Método A	Método B
Primera	5	10
Segunda	6	11
Tercera	7	12

Tabla 2.27. Ejemplo de comparación de métodos.

#### 2.5.2.2. Método gráfico Bland y Altman

Bland y Altman (1986) diseñaron el denominado método de la media de las diferencias (en tablas y figuras se nombra Bland-Altman), el cual establece el grado de concordancia entre los valores obtenidos por diversas técnicas u aparatos de medida. Básicamente consiste en expresar los resultados de la comparación de manera gráfica a través de un diagrama de dispersión, en un eje se representan las

diferencias entre las dos técnicas empleadas y en el otro el promedio de ambas mediciones.

Hay que tener en cuenta que se denomina método gráfico porque las conclusiones se extraen de la interpretación de la distribución de los puntos de la gráfica, para su determinación se requieren los datos expuestos en la tabla 2.28. Según lo indicado en dicha tabla se observa que en las líneas de representación se toma como referencia la media  $\pm 2SD$  porque de esta forma se están incluyendo el 95% de las diferencias observadas (también se pueden emplear valores cercanos como 1,99 ó 1,96).

#### Ejes del gráfico

**Ordenadas:** se representa la diferencia entre los valores obtenidos al utilizar dos técnicas para el cálculo de una misma variable, el término de " $m_1 - m_2$ " corresponde a la resta del número obtenido por el método 1 con respecto al del método 2.

**Abcisas:** se muestra la media de las puntuaciones dadas por los dos métodos, es decir, se calcula la expresión " $(m_1 + m_2)/2$ ".

Resulta de interés indicar en la gráfica la correlación ( $R$ ) entre las variables de ambos ejes, en este trabajo se muestra en el margen superior derecho.

#### Líneas en el eje de ordenadas

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| 1. Media de la diferencia entre las técnicas |                             |
| 2. Límite superior: media + 2SD              | } Intervalo de concordancia |
| 3. Límite inferior: media - 2SD              |                             |

Tabla 2.28. Representación de Bland-Altman.

Partiendo de lo anterior, hay que señalar que para estudiar si los datos se disponen al azar o hay una relación lineal en la colocación de los mismos se debe establecer la correlación entre la diferencia de métodos (eje Y:  $m_1 - m_2$ ) y la media de la variable (eje X:  $(m_1 + m_2)/2$ ). Si la concordancia entre los métodos es buena las diferencias son debidas al azar y por ello la distribución no tiene una correlación significativa, es decir, los puntos se disponen de manera aleatoria a uno u otro lado de la diferencia cero entre medidas. Si por el contrario la hay, esto indica que hay una tendencia concreta en las diferencias, es decir, que éstas son mayores o menores en función de las puntuaciones de la variable, y que por tanto, la concordancia entre métodos para unos determinados valores puede ser aceptable mientras que para otros no serlo tanto. Dicho de otra forma las diferencias entre métodos están influidas por la magnitud de la variable.

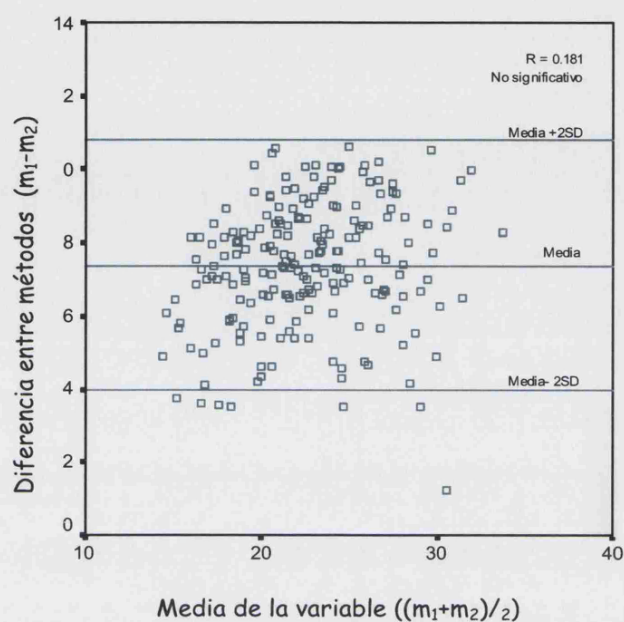
En definitiva, cuanto más próximo sea el valor de la media de la diferencia a cero, más estrecho sea el intervalo, y más pequeños (en valor absoluto) sean sus límites, mayor será la concordancia. Hay que indicar que éstos últimos van a depender de la puntuación que adquiera la desviación de la media de la diferencia. Determinar a partir de qué número es óptimo o no dependerá del tipo de variable que se esté estudiando y de sus unidades, es decir, no es lo mismo representar el porcentaje de grasa que la estatura. En este sentido conviene revisar la bibliografía al respecto, como por ejemplo los datos correspondientes a la Sociedad Española de Obesidad (SEEDO, 1995) y a los estudios realizados por Lean *et al.* (1996) y Martín *et al.* (2001). En dichos trabajos se establecen criterios de concordancia para el porcentaje de grasa, en concreto, se consideran

adecuadas, es decir, los métodos son intercambiables, cuando las medias de las diferencias se encuentran comprendidas entre el rango  $\pm 1,4\%$  y los límites superior e inferior se sitúan entre el  $\pm 10\%$ .

En resumen, su uso permite establecer la magnitud de la media de las diferencias y establecer los límites de concordancia. Además, la correlación entre ejes muestra si las discrepancias entre los métodos son al azar o si por el contrario dependen del valor de la variable, es decir, si cambian conforme adquiere valores más altos o más bajos. En las figuras 2.22 y 2.23 se exponen algunos gráficos y su interpretación, estos ejemplos permiten una aclaración del método y deberán tenerse en cuenta para la posterior interpretación de los resultados del presente estudio; así mismo, se observa que la información que proporciona este método es amplia y por ello es interesante su aplicación en estudios de comparación de técnicas o de aparatos de medida.



Caso 1: las diferencias se distribuyen al azar ( $R = 0,18$ ), la correlación entre el valor de la variable (eje X) y la diferencia entre métodos (eje Y) no es significativa. Una distribución de este tipo puede indicar que hay buena concordancia entre las técnicas, aunque no siempre. Para determinar esta cuestión hay que observar si la media de la diferencia se aproxima a cero y si los intervalos son estrechos, ya que cuantos más pequeños sean mayor concordancia habrá.



Caso 2: las diferencias no son debidas al azar ( $R = 0,82$ ), se observa que éstas se acercan a cero (eje Y) a medida que la variable toma un valor más alto (eje X). Mientras que a puntuaciones bajas lo obtenido por el método  $m_1$  es claramente menor que lo obtenido por  $m_2$ , por eso la diferencia sale negativa.

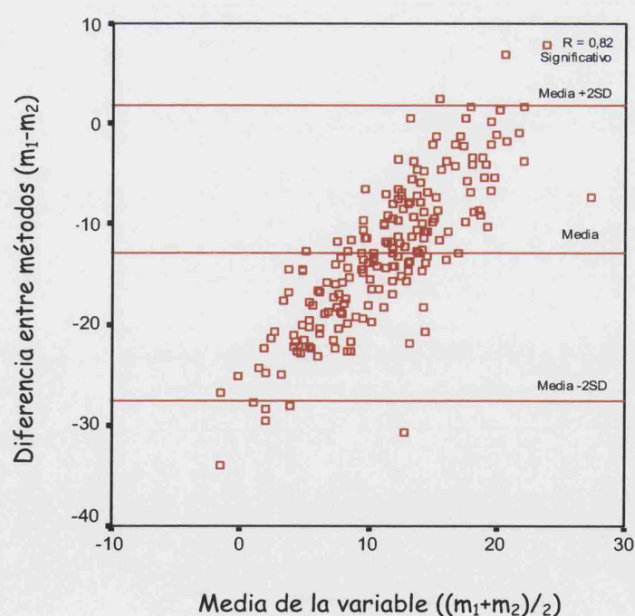
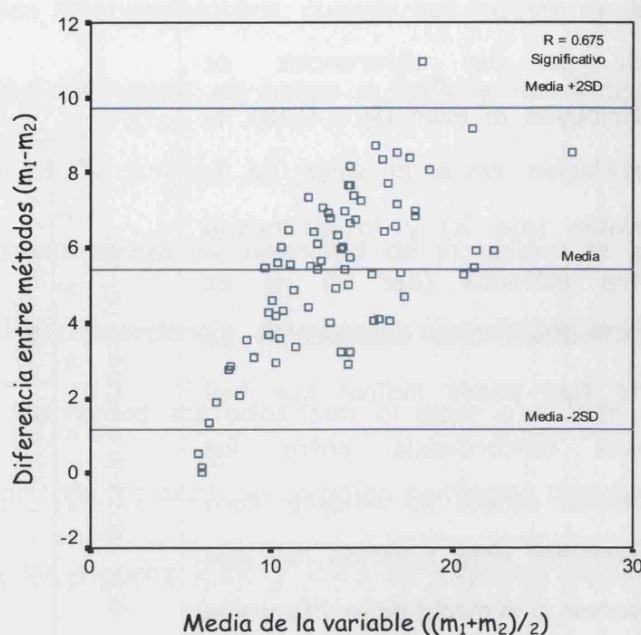


Figura 2.22. Interpretación de gráficos obtenidos por el método Bland-Altman (I).

$m_1$  = puntuación con método 1;  $m_2$  = puntuación con método 2.

Caso 3: al igual que en el anterior las diferencias no se distribuyen al azar ( $R = 0,67$ ). Pero al contrario que antes, éstas son más cercanas a cero cuando la variable adquiere valores bajos. Tomando puntuaciones más altas  $m_1$  que  $m_2$  a medida que la variable es mayor, de ahí que las diferencias sean positivas.



Caso 4: las diferencias no son al azar ( $R = -0,70$ ), el valor negativo es debido a que el valor de la variable del eje Y disminuye al aumentar el del X. Si se hubiese representado  $m_2 - m_1$  saldría positivo, en cualquier caso la interpretación sería la misma. A diferencia de los anteriores las menores diferencias entre métodos, mayores concordancias, se obtienen cuando la variable toma valores intermedios. Si éstos son bajos el método  $m_1$  tiene puntuaciones mayores que  $m_2$  (diferencias positivas) y si son altos lo contrario.

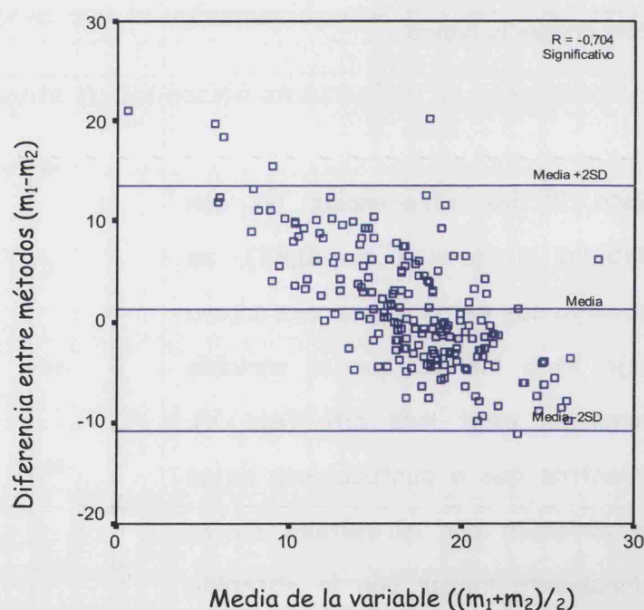


Figura 2.23. Interpretación de gráficos obtenidos por el método Bland-Altman (II).

$m_1$  = puntuación con método 1;  $m_2$  = puntuación con método 2.



### **3. RESULTADOS**



### **3. RESULTADOS**

En primer lugar se detallan los resultados obtenidos a través de las técnicas de antropometría, bioimpedancia y creatinina, y dentro de cada una de ellas se efectúa un análisis comparativo entre las diferentes ecuaciones empleadas. Por último, se indica la correlación y la concordancia global entre los tres métodos de composición corporal estudiados. Dado que en todos los apartados se mencionan reiteradamente el nombre de los autores de las distintas fórmulas utilizadas, y a fin de agilizar la lectura del texto, en algunas ocasiones se ha considerado conveniente suprimir el año en que fueron desarrolladas, principalmente en lo referente a tablas y figuras.

#### **3.1. ANTROPOMETRÍA**

Se describen las variables tomadas dentro de la técnica de antropometría, y a partir de las mismas, se indican índices de adiposidad y el fraccionamiento corporal realizado, incluyendo la comparación entre las ecuaciones.

##### **3.1.1. Medidas antropométricas directas**

Desde la tabla 3.1 hasta la 3.8 se muestran la media y la desviación típica o estándar (SD) correspondientes a la edad, así como a los parámetros antropométricos analizados, los cuales son: peso, estatura, pliegues, perímetros y diámetros. De estos resultados se hace una descripción breve, suficiente para caracterizar morfofisiológicamente la muestra utilizada.

La media de edad se sitúa en 23,12 años en varones y 21,93 años en mujeres; el sexo masculino presenta, tras aplicar la prueba t-Student y el Mann-Whitney U test, valores significativamente mayores en: peso, estatura, pliegue abdominal, perímetros de pantorrilla, tobillo, brazo extendido y flexionado, antebrazo, muñeca, cintura, tórax, abdomen, y en todos los diámetros. Para los pliegues de la zona tricipital, bicipital, muslo y pantorrilla ocurre lo contrario, es decir, la puntuación es a favor del sexo femenino, no encontrándose diferencias significativas para el resto de las variables estudiadas.

Variables	Edad decimal (años) Media $\pm$ SD	Peso* (kg) Media $\pm$ SD	Estatura* (cm) Media $\pm$ SD
Varones (n = 78)	23,12 $\pm$ 10,09	71,71 $\pm$ 10,26	174,94 $\pm$ 7,15
Mujeres (n = 204)	21,93 $\pm$ 7,51	57,74 $\pm$ 7,85	162,30 $\pm$ 5,59

Tabla 3.1. Media y desviación típica (SD) de peso y estatura.

\* Diferencias significativas entre sexos: P (<0,05).

Pliegues (mm)	Tricipital* Media $\pm$ SD	Bicipital* Media $\pm$ SD	Muslo* Media $\pm$ SD	Pantorrilla* Media $\pm$ SD
Varones (n = 78)	10,83 $\pm$ 4,51	5,98 $\pm$ 2,79	17,09 $\pm$ 7,25	12,09 $\pm$ 5,66
Mujeres (n = 204)	17,44 $\pm$ 4,69	7,06 $\pm$ 2,70	26,27 $\pm$ 8,55	17,76 $\pm$ 5,47

Tabla 3.2. Media y desviación típica (SD) de pliegues de extremidades.

\* Diferencias significativas entre sexos: P (<0,05).

Pliegues (mm)	Abdominal* Media $\pm$ SD	Subescapular Media $\pm$ SD	Supraespinal Media $\pm$ SD
Varones (n = 78)	17,22 $\pm$ 8,04	11,81 $\pm$ 4,91	10,80 $\pm$ 6,27
Mujeres (n = 204)	14,87 $\pm$ 5,76	12,59 $\pm$ 4,34	10,60 $\pm$ 4,13

Tabla 3.3. Media y desviación típica (SD) de pliegues del tronco.

\* Diferencias significativas entre sexos: P (&lt;0,05).

Perímetros (cm)	Muslo Media $\pm$ SD	Pantorrilla* Media $\pm$ SD	Tobillo * Media $\pm$ SD
Varones (n = 78)	53,87 $\pm$ 4,69	36,69 $\pm$ 3,38	23,49 $\pm$ 9,04
Mujeres (n = 204)	54,37 $\pm$ 4,85	35,45 $\pm$ 3,61	21,35 $\pm$ 1,39

Tabla 3.4. Media y desviación típica (SD) de perímetros de la

extremidad inferior. \* Diferencias significativas entre sexos: P (&lt;0,05).

Perímetros (cm)	Muñeca* Media $\pm$ SD	Brazo extendido* Media $\pm$ SD	Brazo flexionado* Media $\pm$ SD	Antebrazo* Media $\pm$ SD
Varones (n = 78)	15,95 $\pm$ 0,90	27,72 $\pm$ 2,95	30,47 $\pm$ 2,95	24,93 $\pm$ 2,14
Mujeres (n = 204)	14,36 $\pm$ 0,77	25,25 $\pm$ 2,60	26,21 $\pm$ 2,46	22,08 $\pm$ 1,71

Tabla 3.5. Media y desviación típica (SD) de perímetros de la extremidad

superior. \* Diferencias significativas entre sexos: P (&lt;0,05).

Perímetros (cm)	Cintura* Media $\pm$ SD	Cadera Media $\pm$ SD	Tórax* Media $\pm$ SD	Abdomen* Media $\pm$ SD
Varones (n = 78)	78,82 $\pm$ 8,51	94,49 $\pm$ 6,74	93,03 $\pm$ 6,85	83,21 $\pm$ 10,60
Mujeres (n = 204)	66,99 $\pm$ 5,34	92,55 $\pm$ 7,75	82,31 $\pm$ 6,83	73,39 $\pm$ 8,19

Tabla 3.6. Media y desviación típica (SD) de perímetros del tronco. \* Diferencias significativas entre sexos: P (&lt;0,05).

Diámetros (cm)	Bicondilar fémur* Media $\pm$ SD	Bicondilar húmero* Media $\pm$ SD	Biiliocrestal* Media $\pm$ SD
Varones (n = 78)	9,52 $\pm$ 0,55	6,66 $\pm$ 0,53	30,10 $\pm$ 2,92
Mujeres (n = 204)	8,81 $\pm$ 0,63	5,85 $\pm$ 0,35	28,02 $\pm$ 2,21

Tabla 3.7. Media y desviación típica (SD) de diámetros I.

\* Diferencias significativas entre sexos: P (&lt;0,05).

Diámetros (cm)	Biacromial* Media $\pm$ SD	Transverso tórax* Media $\pm$ SD	Anteroposterior tórax* Media $\pm$ SD
Varones (n = 78)	40,01 $\pm$ 2,75	29,35 $\pm$ 2,35	19,39 $\pm$ 2,48
Mujeres (n = 204)	35,53 $\pm$ 2,73	26,06 $\pm$ 4,20	16,84 $\pm$ 6,09

Tabla 3.8. Media y desviación típica (SD) de diámetros II. \* Diferencias significativas entre sexos: P (&lt;0,05).

### 3.1.2. Indicadores de adiposidad

Desde la tabla 3.9 hasta la 3.12 se detallan los índices de cintura-cadera y de masa corporal. Para el primero de ellos se obtiene un promedio de 0,83 en la serie masculina y de 0,73 en la femenina. La distribución que la muestra presenta frente a este parámetro indica que para el sexo masculino la mayoría de los individuos se sitúan por debajo de 0,90 y para el femenino de 0,80. En cuanto al I.M.C. la media es de 23,13 kg/m<sup>2</sup> en varones y de 21,80 kg/m<sup>2</sup> en mujeres, presentando normopeso un 73,08% y un 81,86% respectivamente. Cabe precisar que el 24,36% de los chicos y el 13,73% de las chicas tienen sobrepeso mientras que únicamente el 2,56% y el 4,41% se clasifican con insuficiencia ponderal, todo ello de acuerdo a los criterios de la OMS (1998) y de la SEEDO (2000).



Varones (n = 78)	Media $\pm$ SD	Amplitud
I.C.C.	0,83 $\pm$ 0,06	0,71-0,99
I.M.C. (kg/m <sup>2</sup> )	23,13 $\pm$ 2,59	15,61-27,41

Tabla 3.9. Media, desviación típica (SD) y amplitud de los índices I.C.C. e I.M.C. en varones.

Varones (n = 78)			
I.C.C.	Porcentaje varones	I.M.C. (kg/m <sup>2</sup> )	Porcentaje varones
[0,71-0,80)	30,77%	<18,5	2,56%
[0,80-0,90)	58,97%	[18,5-25)	73,08%
[0,90-0,99]	10,26%	[25-27,41]	24,36%

Tabla 3.10. Distribución de los varones según I.C.C. e I.M.C.

Mujeres (n = 204)	Media $\pm$ SD	Amplitud
I.C.C.	0,73 $\pm$ 0,05	0,62-0,90
I.M.C. (kg/m <sup>2</sup> )	21,80 $\pm$ 2,51	16,66-29,12

Tabla 3.11. Media, desviación típica (SD) y amplitud de los índices I.C.C. e I.M.C. en mujeres.

Mujeres (n = 204)			
I.C.C.	Porcentaje mujeres	I.M.C. (kg/m <sup>2</sup> )	Porcentaje mujeres
[0,62-0,70)	34,80%	<18,5	4,41%
[0,70-0,80)	59,32%	[18,5-25)	81,86%
[0,80-0,90]	5,88%	[25-29,12]	13,73%

Tabla 3.12. Distribución de las mujeres según I.C.C. e I.M.C.

### 3.1.3. Fraccionamiento por Phantom

Los datos que permite estimar la táctica Phantom se pueden agrupar en dos categorías; por un lado, las puntuaciones Z para cada una de las variables (figura 3.1 y tabla 3.13) y por otro, el fraccionamiento en cuatro componentes corporales (figura 3.2 y tabla 3.14). Para determinar las características de la información obtenida a través de este método conviene efectuar un estudio más exhaustivo del mismo.

Las puntuaciones Z detallan la proporcionalidad corporal, los valores que se representan en la figura 3.1 se sitúan por debajo de los dados por el modelo, Z negativos, para la mayoría de las variables que estiman el componente óseo (z1-z5), graso (z11-z17) y residual (z6-z10), aunque este último sólo en mujeres. Por lo que respecta al componente muscular en ambos sexos los valores son predominantemente superiores a los que establece el modelo (z18-z22), es decir, son positivos (el significado de cada variable se recoge en la tabla 3.13).

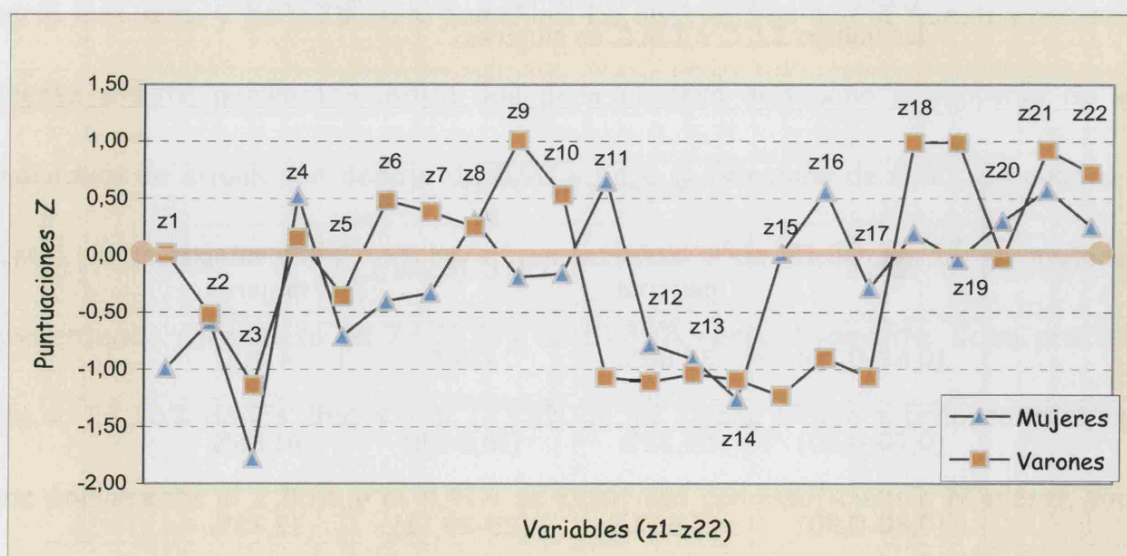


Figura 3.1. Puntuaciones Z en las variables Phantom.

Hay que reseñar que lo interesante no es el signo o el valor en sí de las puntuaciones Z sino el poder establecer diferencias entre las series en función de su comportamiento al confrontarlo con el modelo de referencia Phantom (Ross y Wilson, 1974). En este sentido los valores encontrados para cada sexo señalan la existencia de diferencias significativas (tras efectuar la prueba t-Student) en la mayoría de los casos, tal y como puede apreciarse en la tabla 3.13. En concreto, para los diámetros bicondilar del húmero (z1), biacromial (z6), torácico transverso (z7) y anteroposterior (z9), los varones presentan valores significativamente mayores, mientras que no existen diferencias significativas para el diámetro bicondilar del fémur (z2) y el bicrestal (z8). Al analizar los perímetros se observa que los varones poseen en general puntuaciones significativamente más altas en todos ellos, menos en el del muslo (z20) y tobillo (z4) en el que lo obtienen las mujeres, y para el perímetro de la pantorrilla (z21) donde no las hay.

Con los pliegues sucede lo contrario, ya que el dimorfismo sexual es significativo pero siempre a favor de las mujeres, con la excepción de los pliegues suprailíaco (z13) y abdominal (z14) donde no se presentan diferencias. Para el conjunto de las variables, donde las puntuaciones son significativamente distintas, las discrepancias mayores entre sexos se encuentran precisamente en los pliegues adiposos. En concreto, para los del tricipital (z11), muslo frontal (z15) y pantorrilla (z16) las medias de las puntuaciones Z son positivas en mujeres y negativas en hombres, con diferencias a partir de 1,25. También hay discrepancias de signo, siendo positivo en varones y negativo en mujeres, aunque hay que indicar que cuantitativamente algo menores, entre 0,71-1,21, para los diámetros bicondilar del

húmero (z1), biacromial (z6) y torácicos (z7 y z9), así como, para el perímetro del tórax (z19). Por último, hay diferencia de signo entre sexos, situándose al igual que en los pliegues pero con una discrepancia de sólo 0,33, en la puntuación referente al perímetro del muslo (z20).

Puntuaciones Z	Varones (n = 78)	Mujeres (n = 204)
Variables Phantom	Media $\pm$ SD	Media $\pm$ SD
D. bicondilar húmero (z1)*	0,02 $\pm$ 1,52	-0,99 $\pm$ 1,01
D. bicondilar fémur (z2)	-0,52 $\pm$ 1,07	-0,58 $\pm$ 1,36
P.c muñeca (z3)*	-1,14 $\pm$ 1,26	-1,78 $\pm$ 1,07
P.c tobillo (z4)*	0,15 $\pm$ 1,23	0,52 $\pm$ 1,06
Z media ósea (z5)*	-0,36 $\pm$ 0,89	-0,71 $\pm$ 0,91
D. biacromial (z6)*	0,48 $\pm$ 1,38	-0,40 $\pm$ 1,42
D. torácico transverso (z7)*	0,38 $\pm$ 1,29	-0,33 $\pm$ 2,56
D. bicrestal (z8)	0,25 $\pm$ 1,52	0,31 $\pm$ 1,18
D. torácico anteroposterior (z9)*	1,01 $\pm$ 1,85	-0,19 $\pm$ 1,09
Z media residual (z10)*	0,53 $\pm$ 1,18	-0,16 $\pm$ 0,92
Pl. tricipital (z11)*	-1,07 $\pm$ 1,02	0,65 $\pm$ 1,10
Pl. subescapular (z12)*	-1,11 $\pm$ 1,00	-0,78 $\pm$ 0,90
Pl. suprailíaco (z13)	-1,04 $\pm$ 1,40	-0,91 $\pm$ 0,96
Pl. abdominal (z14)	-1,09 $\pm$ 1,03	-1,26 $\pm$ 0,77
Pl. muslo frontal (z15)*	-1,23 $\pm$ 0,87	0,02 $\pm$ 0,85
Pl. pantorrilla (z16)*	-0,90 $\pm$ 1,20	0,56 $\pm$ 1,22
Z media grasa (z17)*	-1,07 $\pm$ 0,97	-0,29 $\pm$ 0,78
P.c brazo extendido (z18)*	0,99 $\pm$ 0,73	0,19 $\pm$ 0,53
P.c torácico (z19)*	0,99 $\pm$ 1,44	-0,04 $\pm$ 1,45
P.c muslo (z20)*	-0,03 $\pm$ 1,27	0,30 $\pm$ 1,13
P.c pantorrilla (z21)	0,92 $\pm$ 1,79	0,57 $\pm$ 1,76
Z media muscular (z22)*	0,72 $\pm$ 1,02	0,25 $\pm$ 0,88

Tabla 3.13. Media y desviación típica (SD) de las puntuaciones Z en las variables Phantom. D.= diámetro; P.c= perímetro corregido; Pl.= pliegue. \* Diferencias significativas entre sexos: P (<0,05).

Tal y como ya se ha mencionado las puntuaciones Z se pueden emplear para llevar a cabo un fraccionamiento, el aquí utilizado fue desarrollado por Drinkwater y Ross (1980) (en el texto se alude a él simplemente como método Phantom). El mismo permite distinguir cuatro componentes corporales: óseo, residual, grasa y muscular, así como, estimar a partir de su suma el peso total (tabla 3.14). Tras aplicar la comparación de medias (prueba t-Student y Mann-Whitney U test) se ha obtenido que en todas las masas parciales, excepto para la grasa, los varones tienen puntuaciones medias significativamente superiores a las mujeres; en concreto, para la masa muscular, ósea y residual los valores son respectivamente: 30,10 kg-22,83 kg, 10,73 kg-8,13 kg y 18,93 kg-14,00 kg. Mientras que para la masa grasa ocurre lo contrario ya que la diferencia es a favor del sexo femenino, si bien, ésta no es de carácter significativo, la media es de 9,73 kg en mujeres frente a los 9,31 kg que alcanza en los varones. En cuanto al peso total, estimado por la suma de masas parciales, las diferencias vuelven a ser marcadamente significativas y a favor del sexo masculino, con puntuaciones medias para ambos sexos de 69,09 kg y 54,64 kg.

Componentes corporales	Masa muscular* (kg) Media $\pm$ SD	Masa ósea * (kg) Media $\pm$ SD	Masa residual* (kg) Media $\pm$ SD	Masa grasa (kg) Media $\pm$ SD	Peso estimado* (kg) Media $\pm$ SD
Varones (n = 78)	30,10 $\pm$ 3,92	10,73 $\pm$ 1,41	18,93 $\pm$ 2,77	9,31 $\pm$ 3,19	69,09 $\pm$ 8,50
Mujeres (n = 204)	22,83 $\pm$ 2,82	8,13 $\pm$ 1,30	14,00 $\pm$ 1,86	9,73 $\pm$ 2,40	54,64 $\pm$ 6,74

Tabla 3.14. Fraccionamiento en cuatro componentes y peso estimado por método Phantom (Drinkwater y Ross, 1980). \* Diferencias significativas entre sexos: P (<0,05).

En la figura 3.2 se muestran los porcentajes medios que cada una de las masas parciales representa sobre el peso total estimado, los datos resultantes para varones y mujeres son respectivamente los siguientes: 43,64-41,89% de masa muscular, 27,34-25,63% de residual, 13,46%-17,65%, de grasa y 15,56-14,83% de ósea. Se observa que la serie masculina presenta valores significativamente superiores en todos los casos, excepto en el porcentaje de masa grasa donde ocurre lo contrario. Además, es en este último en el que las diferencias entre sexos son más acusadas, con unos porcentajes medios que difieren en 4,19%. En relación a los resultados de la tabla 3.14 hay que indicar que, si bien no se aprecia dimorfismo sexual al estimar la masa grasa en kilogramos, cuando la comparación se efectúa en términos de porcentajes entonces sí que se pone de manifiesto de manera clara dicho dimorfismo.

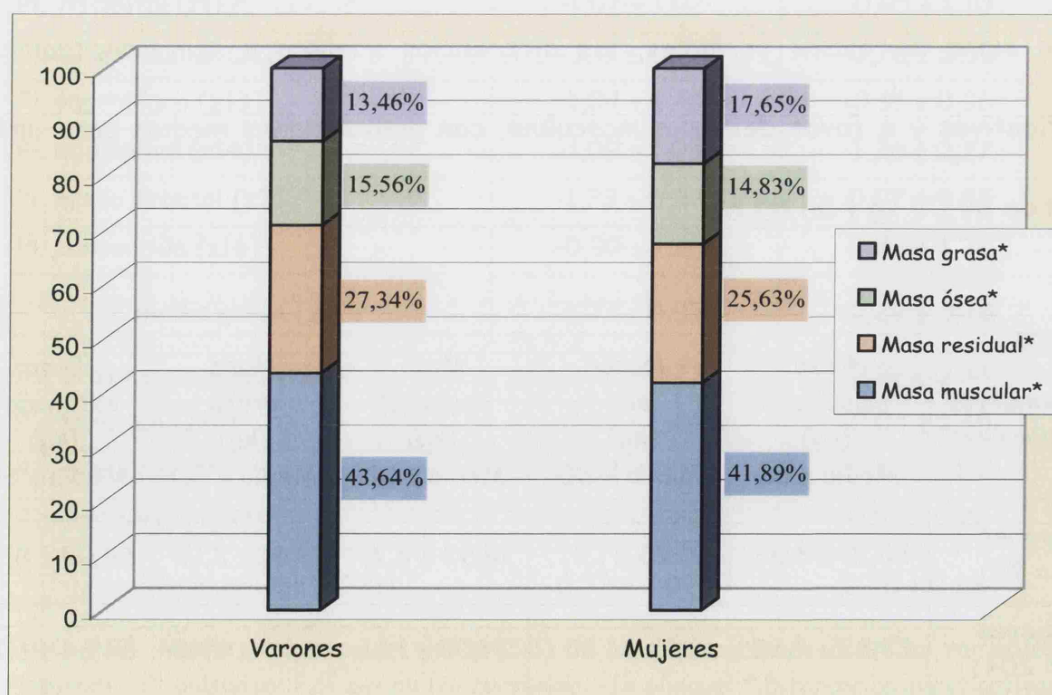


Figura 3.2. Porcentaje de masas por el método Phantom (Drinkwater y Ross, 1980). \* Diferencias significativas entre sexos:  $P < 0,05$ .

Tras efectuar el fraccionamiento, a fin de validar el método, se ha calculado el "peso Phantom" sumando las masas parciales y se ha comparado con el obtenido tras pesar al individuo, "peso real" o "peso balanza". Como se muestra en la tabla 3.15 sus valores son respectivamente: 71,71-69,09 kg en varones, y 57,74-54,64 kg en mujeres; en ambos casos la puntuación es inferior con Phantom, aunque el test de comparación de medias empleado indica que las diferencias son significativas sólo en el contraste correspondiente al sexo femenino.

También se ha hallado entre ambos pesos el coeficiente de correlación de Pearson (R), obteniéndose 0,92 en varones y 0,94 en mujeres, y el de intraclass (CCI), que es de 0,95 en varones y 0,96 en mujeres, como se observa todos ellos son significativos y de elevado valor.

Comparación de métodos	Varones (n = 78)	Mujeres (n = 204)
Peso balanza (kg) Media $\pm$ SD	71,71 $\pm$ 10,26	57,74 $\pm$ 7,85*
Peso Phantom (kg) Media $\pm$ SD	69,09 $\pm$ 8,50	54,64 $\pm$ 6,74*
R balanza-Phantom	0,92**	0,94**
CCI balanza-Phantom	0,95**	0,96**

Tabla 3.15. Comparación del peso obtenido en balanza y el estimado por Phantom. \* Diferencias significativas entre pesos: P (<0,05). \*\* Valor significativo: P (<0,05).

El método Phantom se puede emplear por tanto para predecir la variable peso, para estimar la influencia que puede ejercer el valor del peso de un sujeto en dicha predicción se ha hallado la media de la diferencia entre el peso real y el

estimado con Phantom en toda la muestra y en cuatro categorías, que son: peso inferior o igual al percentil 25 ( $P_{\leq 25}$ ), peso entre el percentil 25-50 o igual al 50 ( $P_{25-50}$ ), peso entre el percentil 50-75 o igual al 75 ( $P_{50-75}$ ) y peso superior al percentil 75 ( $P_{>75}$ ) (tabla 3.16). Se aprecia que las diferencias oscilan, en varones y mujeres respectivamente, entre 1,90-4,45 kg y 1,60-4,73 kg, de esto se deduce que las peores predicciones se obtienen a medida que el peso del individuo es mayor, de tal forma que las diferencias más elevadas entre métodos (balanza-Phantom) tienen lugar cuando el individuo tiene un peso superior al percentil 75. Dicho de otra forma, es el grupo  $P_{\leq 25}$  (peso bajo) el que presenta para ambos sexos las menores diferencias, y por tanto, hay mayor similitud o más concordancia entre los pesos obtenidos con la balanza y los resultantes por el fraccionamiento Phantom (Drinkwater y Ross, 1980).

Diferencia pesos (kg)		Varones (n = 78)	Mujeres (n = 204)
Balanza-Phantom		Media $\pm$ SD	Media $\pm$ SD
Muestra total		2,75 $\pm$ 4,01	2,95 $\pm$ 2,72
Muestra por percentiles	$P_{\leq 25}$	1,90 $\pm$ 1,22	1,60 $\pm$ 1,20
	$P_{25-50}$	2,44 $\pm$ 2,16	2,33 $\pm$ 1,92
	$P_{50-75}$	2,79 $\pm$ 1,69	3,23 $\pm$ 2,47
	$P_{>75}$	4,45 $\pm$ 4,86	4,73 $\pm$ 2,89

Tabla 3.16. Diferencia entre pesos en la muestra total y en grupos por percentiles.

Un resultado parejo se obtiene al aplicar el método gráfico Bland y Altman (1986) (tabla 3.17 y figura 3.3), con el que básicamente se calculan tres parámetros: la media de la diferencia, el intervalo de concordancia (media  $\pm$  2SD) y el coeficiente de correlación (R) entre la diferencia entre métodos (eje Y) y el



valor de la variable (eje X), que en este caso es el peso. Este sistema de comparación desarrollado por Bland y Altman (1986) se basa en que cuanto más cercana a cero sea la media y más pequeño el intervalo (en valor absoluto), así como sus límites, mayor concordancia habrá entre los métodos; además el coeficiente de correlación entre los ejes de la gráfica proporciona información sobre el patrón que siguen dichas diferencias.

Los resultados, en la comparación de peso por balanza con Phantom, muestran que los coeficientes de correlación entre los ejes de las gráficas son significativos para ambos sexos, aunque no muy elevados, en varones es de 0,44 y en mujeres de 0,31. Esto indica que las diferencias no son del todo debidas al azar sino que siguen una cierta tendencia; en concreto, la nube de puntos se sitúa principalmente en torno a cero en el eje de las diferencias (ordenadas), cuando el valor del peso es bajo o intermedio, mientras que al ser más elevado las discrepancias entre métodos van siendo algo superiores. Así mismo, se observa que las diferencias suelen ser de valor positivo (mayores a cero, eje Y), lo que indica que para la mayoría de los individuos estudiados se obtienen puntuaciones superiores cuando se toma el peso con la balanza, ya que hay que tener en cuenta que en la figura 3.3 se ha representado peso con balanza menos peso con Phantom.

En cuanto a la media de la diferencia, que ya se calculó anteriormente en la tabla 3.16 (muestra total), es algo inferior en varones, donde la media es de 2,75 kg siendo en mujeres de 2,95 kg. No obstante, hay que considerar que es en éstos donde el intervalo de concordancia es más amplio, de 15,96 kg frente a los 10,83 kg en mujeres. Además es en el sexo masculino donde los límites del intervalo

alcanzan también puntuaciones más alejadas de la media, indicativos de una mayor dispersión en las diferencias entre métodos. Esto es debido a que, pese a que en varones la media es más baja la desviación es superior y ambos términos se emplean para el cálculo del intervalo de concordancia. En este sentido hay que considerar que el diferente tamaño muestral entre las dos series puede influir.

Peso  Balanza-Phantom	Bland-Altman					R ejes
	Media diferencia (kg)	SD (kg)	Límites intervalo (kg)		Intervalo concordancia (kg)	
			Media + 2SD#	Media - 2SD#		
Varones (n = 78)	2,75	4,01	10,73	-5,23	15,96	0,44**
Mujeres (n = 204)	2,95	2,72	8,36	-2,46	10,83	0,31**

Tabla 3.17. Comparación del peso obtenido con balanza y estimado por Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) a través del método Bland-Altman. \*\* Significativo  $P < 0,01$ . # En todos los datos referidos a Bland-Altman los límites se calculan: media  $\pm$  1,99 ó  $\pm$  2,00.

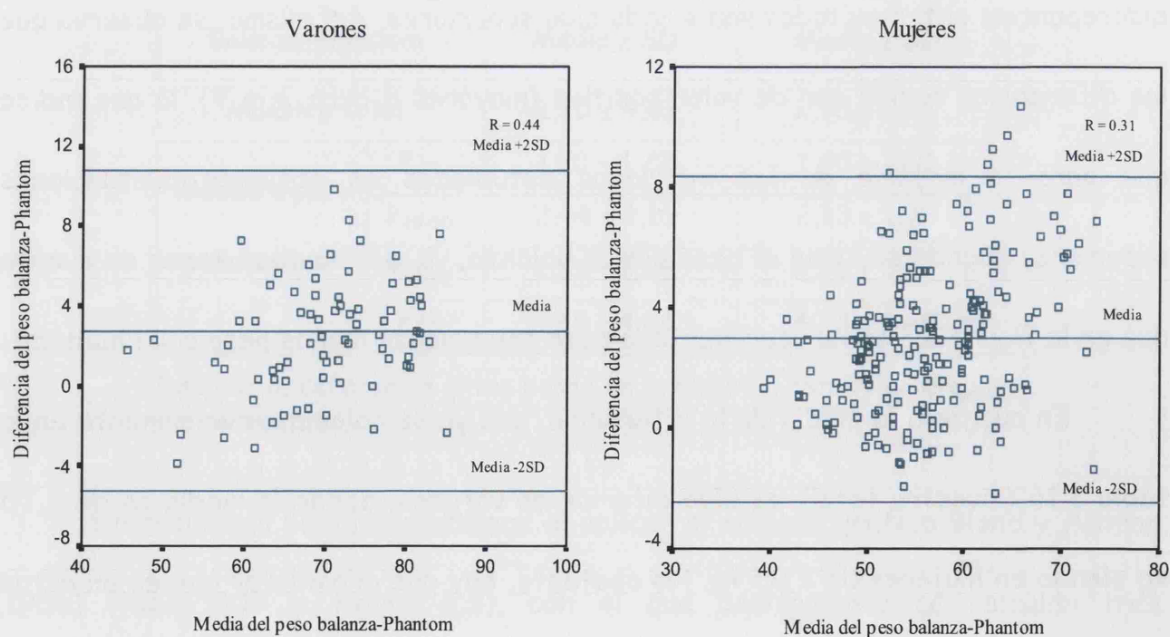


Figura 3.3. Bland-Altman: peso total entre balanza-Phantom.

### 3.1.4. Comparación entre Phantom, Durnin y Womersley con Siri, y Yuhasz

En la tabla 3.18 se comparan los porcentajes de grasa calculados a partir de las ecuaciones proporcionadas por Yuhasz (1974), Durnin y Womersley (1974) combinado con Siri (1961), en ocasiones para abreviar se denomina a esta ecuación utilizando indistintamente uno de los dos términos, y por último, el método tetracompartimental basado en el modelo Phantom (Drinkwater y Ross, 1980).

De los resultados se extrae que con este último el sexo masculino obtiene valores intermedios con respecto al resto de los métodos, en concreto, un valor de 13,46% frente al 10,95% estimado con Yuhasz y al 16,38% con Durnin y Womersley. Por lo que respecta al sexo femenino lo recogido es distinto, ya que el porcentaje reportado con el Phantom es de 17,65%, siempre situado por debajo de los otros dos, el correspondiente a Yuhasz es de 18,81% y el de Durnin y Womersley está cifrado en 26,29%.

Porcentaje de grasa (%)	Varones (n = 78) Media $\pm$ SD	Mujeres (n = 204) Media $\pm$ SD
Phantom (Drinkwater y Ross, 1980)	13,46 $\pm$ 3,99	17,65 $\pm$ 3,14
Yuhasz (1974)	10,95 $\pm$ 3,41	18,81 $\pm$ 4,16
Durnin y Womersley (1974)-Siri (1961)	16,38 $\pm$ 4,84	26,29 $\pm$ 4,25

Tabla 3.18. Porcentaje de masa grasa hallado a través de ecuaciones antropométricas.

Los coeficientes de correlación entre métodos son significativos y elevados para ambos sexos (tablas 3.19 y 3.20), el de Pearson (R) y el intraclass (CCI) se sitúan respectivamente entre: 0,95-0,89 y 0,94-0,87 en varones, mientras que son del orden de 0,91-0,81 y 0,91-0,77 en mujeres, correspondiendo los valores más altos a la comparación de Yuhasz con el resto.

Aplicando el método Bland y Altman para el porcentaje de grasa se obtiene lo siguiente, las medias de las diferencias entre métodos más cercanas a cero e intervalos de concordancia más bajos han resultado ser los que se obtienen al comparar Phantom y Yuhasz. En donde los valores para varones y mujeres respectivamente son: en la media de la diferencia de 2,42% y -1,22%, y en el intervalo de concordancia de 5,08% y 6,65%. Para el resto de los casos, es decir, al comparar Durnin y Womersley con las otras dos expresiones antropométricas, los resultados dan medias mayores en valor absoluto, que oscilan entre -3,08% y -8,60%, e intervalos también superiores que van desde 6,85% a 10,01%. Con todos los datos anteriores se puede establecer que de las tres ecuaciones aplicadas la mayor concordancia se da entre las expresiones de Phantom y Yuhasz.

No obstante, hay que señalar que en todas las comparaciones los intervalos de concordancia tienen puntuaciones bajas y que los dos límites para dichos intervalos (media +2SD y media -2SD) se encuentran, en la mayoría de los casos, entre el  $\pm 10\%$ , que es uno de los criterios de buena concordancia entre métodos establecido por la SEEDO (1995), Lean *et al.* (1996) y Martín *et al.* (2001).

Porcentaje grasa	Coeficientes correlación		Bland-Altman					
	R	CCI	Media diferencia (%)	SD (%)	Límites intervalo (%)		Intervalo concordancia (%)	R ejes
					Media + 2SD	Media - 2SD		
Varones (n = 78)								
Phantom-Yuhasz	0,95**	0,94**	2,42	1,28	4,96	-0,12	5,08	0,47**
Siri-Yuhasz	0,92**	0,87**	5,43	2,15	9,71	1,15	8,56	0,67**
Phantom-Siri	0,89**	0,88**	-3,08	2,15	1,20	-7,36	8,56	-0,35**

Tabla 3.19. Comparación del porcentaje de grasa entre ecuaciones antropométricas en varones: coeficiente de correlación de Pearson (R), coeficiente de correlación intraclass (CCI) y Bland-Altman. \*\* Significativa  $P < 0,01$ .

Porcentaje grasa	Coeficientes correlación		Bland-Altman					
	R	CCI	Media diferencia (%)	SD (%)	Límites intervalo (%)		Intervalo concordancia (%)	R ejes
					Media + 2SD	Media - 2SD		
Mujeres (n = 204)								
Phantom-Yuhasz	0,91**	0,89**	-1,22	1,67	2,10	-4,55	6,65	-0,49**
Siri-Yuhasz	0,91**	0,91**	7,38	1,72	10,81	3,96	6,85	0,18*
Phantom-Siri	0,81**	0,77**	-8,60	2,51	-3,60	-13,61	10,01	-0,46**

Tabla 3.20. Comparación del porcentaje de grasa entre ecuaciones antropométricas en mujeres: coeficiente de correlación de Pearson (R), coeficiente de correlación intraclass (CCI) y Bland-Altman. \*\* Significativo  $P < 0,01$ ; \* Significativo  $P < 0,05$ .

En la representación en la que se compara Phantom y Yuhasz (figura 3.4) se observa que para los dos sexos las diferencias entre métodos son mayores, o existe menor grado de concordancia, en el caso de individuos con elevada grasa. Cabe precisar que las diferencias entre los métodos son de distinto signo en una y otra serie, de manera que resultan en general positivas en los chicos y negativas en las chicas. Teniendo en cuenta que se ha representado Phantom menos Yuhasz, se

interpreta que el porcentaje de grasa mediante Phantom suele ser más elevado en relación a Yuhasz en los varones pero que la tendencia se invierte en las mujeres.

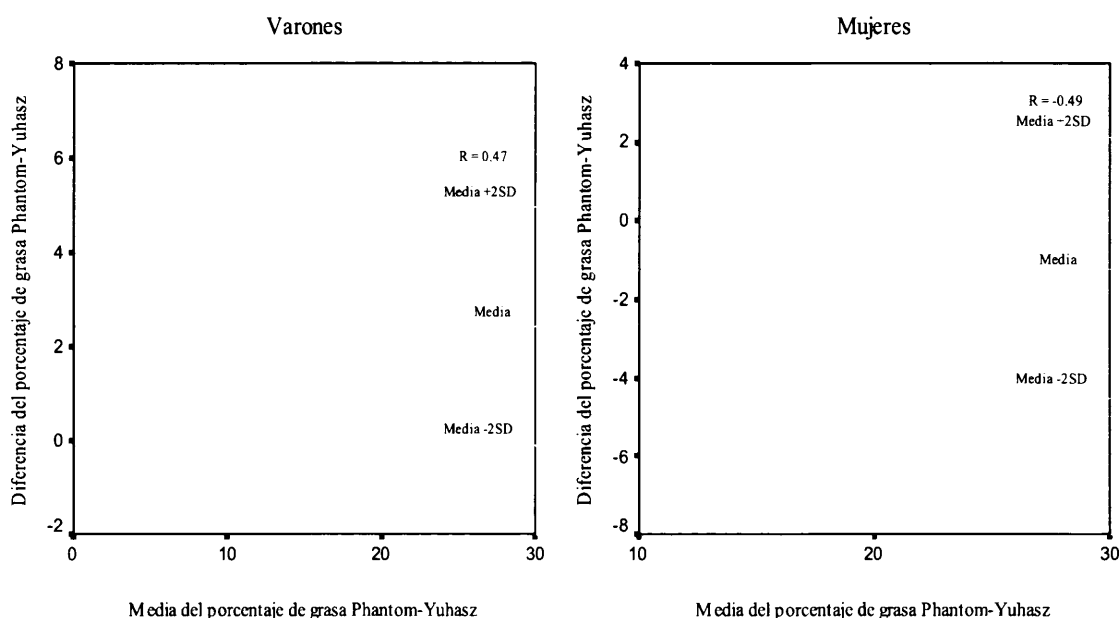


Figura 3.4. Bland Altman: porcentaje de grasa entre Phantom-Yuhasz.

En las comparaciones de Durnin y Womersley combinado con Siri con el resto de expresiones se observa que la tendencia es a que los porcentajes de grasa sean más elevados al aplicar Siri; ya que las diferencias son: en la figura 3.5 donde se muestra Siri menos Yuhasz positivas, mientras que en la 3.6 donde se muestra Phantom menos Siri negativas. En ambos casos, y al igual que sucede en la comparación entre Phantom y Yuhasz, siempre existe peor concordancia entre métodos a medida que aumenta el valor de la variable. Hay una excepción, que es al comparar Siri-Yuhasz para el sexo femenino, en este caso la correlación entre ejes es muy baja aunque significativa, 0,18, lo que indica que principalmente las diferencias son al azar. Si bien la concordancia no es buena porque la mayoría de

los puntos se alejan considerablemente del valor cero en el eje de las diferencias, siendo la media de 7,38% que es claramente más elevada que la dada entre Phantom y Yuhasz.

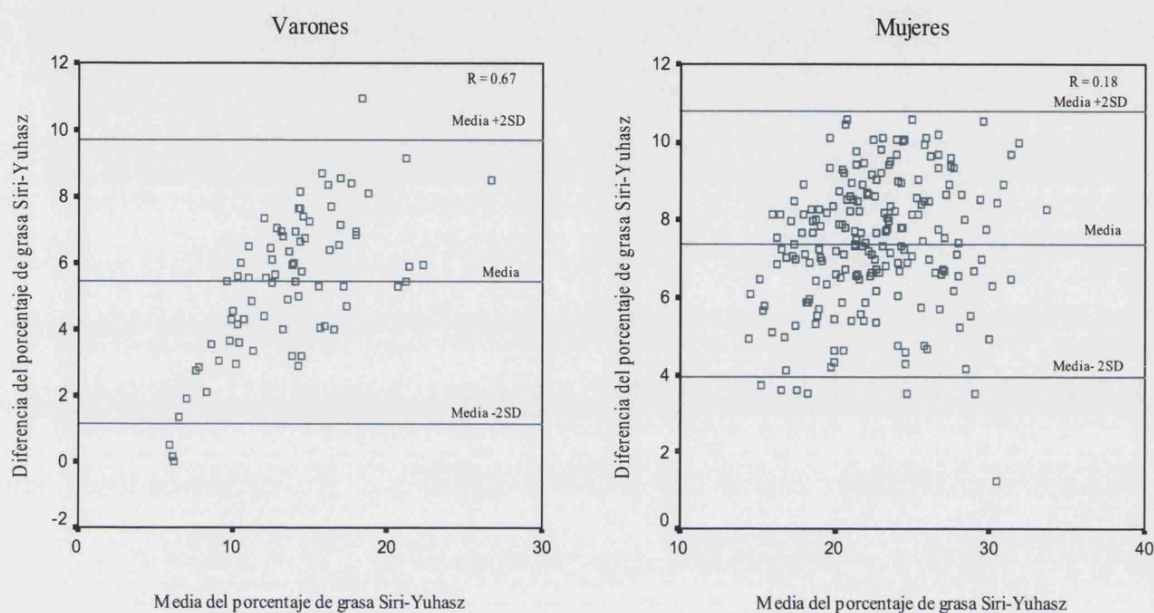


Figura 3.5. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Durnin y Womersley con Siri-Yuhasz.

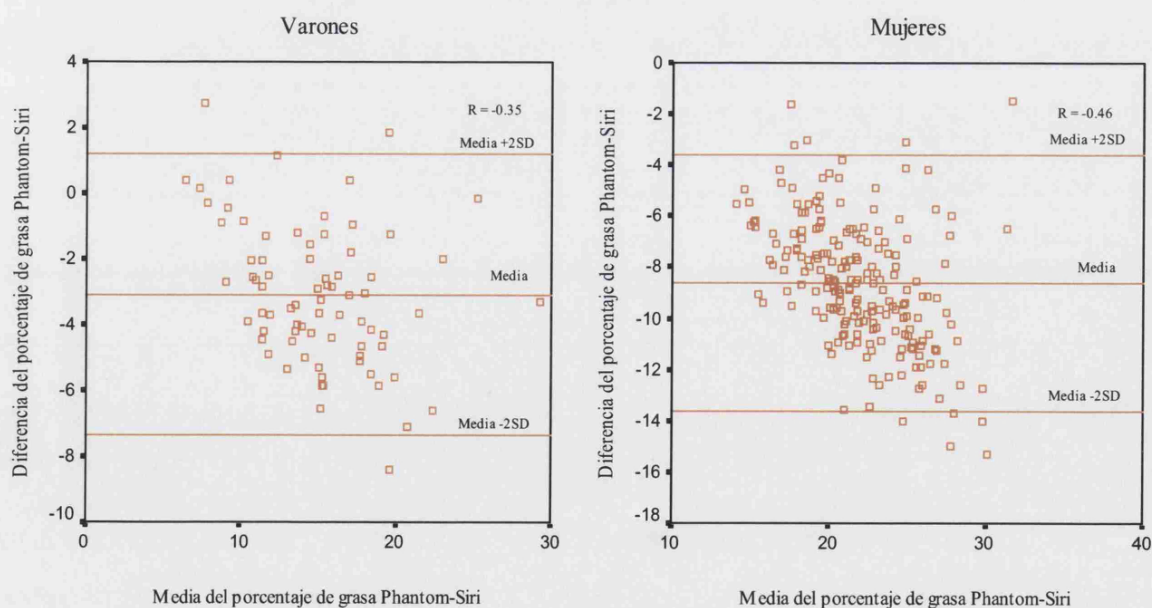


Figura 3.6. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Phantom-Durnin y Womersley con Siri.

### 3.2. BIOIMPEDANCIA

Se detalla el valor de la bioimpedancia, a partir del cual se ha realizado el fraccionamiento en dos componentes por medio de 15 ecuaciones, y la comparación entre todas ellas. El tamaño muestral para todas las medidas de bioimpedancia es de 62 varones y 198 mujeres.

#### 3.2.1. Medida de bioimpedancia

En la tabla 3.21 se recoge el valor de la impedancia eléctrica o bioimpedancia, la media presenta una puntuación menor en varones que en mujeres; en concreto, 392,15  $\Omega$  frente a 463,29  $\Omega$ , la prueba de t-Student aplicada indica que esta diferencia es de carácter significativa.

	Varones (n = 62)	Mujeres (n = 198)
Bioimpedancia* ( $\Omega$ )	Media $\pm$ SD	Media $\pm$ SD
	392,15 $\pm$ 58,55	463,29 $\pm$ 60,63

Tabla 3.21. Media y desviación típica (SD) de la bioimpedancia.

\* Diferencias significativas entre sexos: P (<0,05).

#### 3.2.2. Fraccionamiento por diversas ecuaciones

A partir del valor de bioimpedancia se ha estimado la masa libre de grasa (FFM), la masa grasa (FM) y el porcentaje de esta última (tablas 3.22 y 3.23.) Al haberse aplicado un elevado número de ecuaciones de procedencia heterogénea la variedad de datos es considerable, por ello, a fin de poder estudiarlas mejor, las



distintas expresiones predictivas se han dividido en tres grupos en función del porcentaje de grasa obtenido mediante su empleo. Para realizar esta división se han tenido en cuenta los resultados obtenidos anteriormente por antropometría (tabla 3.18), donde siempre obtuvieron promedios para el porcentaje de grasa por encima del 9% los varones y del 15% las mujeres. Partiendo de esta situación, se han establecido tres categorías a las que se ha denominado como "valores negativos", "bajos" y "altos". Al mismo tiempo se han tenido en cuenta los términos que poseen las diferentes ecuaciones que se han detallado en el apartado de material y métodos.

- "Valores negativos". En este grupo se encuadran las fórmulas que arrojan valores promedio de porcentaje graso menor que cero, al menos en alguno de los sexos. Se trata de las siguientes:

- Boulier *et al.* (1990).
- Kushner y Schoeller<sup>1</sup> (1986).

Aplicando Boulier *et al.* (1990) se obtuvieron resultados claramente distintos al resto; en primer lugar hay que reseñar que la media de los porcentajes de adiposidad es negativa y por lo tanto incorrecta desde el punto de vista antropológico. Hay que tener en cuenta que el porcentaje de grasa esencial sin el cual no se puede vivir se suele situar en el 3-4% (Wilmore, 1983), así mismo, en otras ocasiones se ha manifestado que no debe ser inferior al 3% en varones y al 9% en mujeres (Lohman, 1981). Con esta ecuación se obtiene un peso libre de grasa (FFM) muy elevado, por eso al restar el valor del peso y calcular la masa grasa

salen puntuaciones negativas, que hacen que el porcentaje de grasa también lo sea. Un posible porqué hay que buscarlo en la fórmula que emplea el citado autor, ya que mientras el resto de autores que introducen el peso en la ecuación predictiva lo multiplican por una constante comprendida entre 0,065-0,37, en ésta se multiplica por un número considerablemente mayor, que en definitiva produce un valor alto de FFM. Sin duda alguna las ecuaciones basadas en modelos de dos electrodos no son aplicables a aparatos que emplean cuatro electrodos, como el usado en este estudio, pese a que a priori las ecuaciones puedan resultar similares, y de ahí su utilización en estudios comparativos de bioimpedancia (Houtkooper *et al.*, 1996).

Kushner y Schoeller<sup>1</sup> (1986): en este caso también es negativo el porcentaje de grasa aunque sólo en varones, si bien en mujeres la puntuación es bastante baja con una media de 4,99%. Esta ecuación es similar a las otras dos que da el autor siendo sin embargo claramente ésta la que peores resultados proporciona.

- "Valores bajos". Aquí se engloban las fórmulas que proporcionan valores de porcentaje graso menor de un 9% en varones y de un 15% en mujeres:

- Gray *et al.* (1989).
- Holtain (proporcionada por el aparato).
- Kushner y Schoeller<sup>2</sup> (1986).
- Kushner *et al.*<sup>3</sup> (1992).
- Lohman (1992).
- Lukaski *et al.*<sup>3</sup> (1986).
- Van Loan *et al.*<sup>1</sup> (1990).
- Van Loan *et al.*<sup>2</sup> (1990).

Gray *et al.* (1989): de su aplicación resulta un promedio que supera mínimamente el 10%, en la serie masculina, si bien se ha incluido en este grupo porque en la femenina es muy inferior al 15%, elegido como punto de corte.

Además, lo extraño de esta ecuación es que en varones se obtiene un resultado muy similar al de mujeres, las puntuaciones son respectivamente: 10,72% y 10,83%, no evidenciando el dimorfismo sexual. Al analizar la fórmula que proporciona el autor se observa que en varones no aparece el término "-constante x edad" mientras que en mujeres sí "-0,158 x edad", aunque si a los varones se les restase este término FFM resultaría menor, y en consecuencia, el porcentaje de grasa mayor aún. Al igual que la ecuación de Segal *et al.* (1988) no utiliza el término  $(\text{estatura})^2/\text{resistencia}$  sino  $(\text{estatura})^2 - \text{resistencia}$ , luego para el sexo femenino (en el que se introduce "-constante x edad") ambas ecuaciones son muy similares; y sólo discrepan en que el valor de la última constante en Gray *et al.* (1989) es bastante más elevado; esto produce un FFM mayor, y en consecuencia, el porcentaje de grasa en las chicas sale considerablemente más bajo que al usar Segal *et al.* (1988).

Holtain: es la única ecuación que utiliza impedancia en vez de resistencia, teniendo en cuenta que el aparato empleado en este estudio (marca Holtain Ltd.) da precisamente este valor a priori debe ser la que da puntuaciones más óptimas, aunque los resultados aquí obtenidos no corroboran tal suposición. En comparación con las demás hay que hacer notar que sólo utiliza la variable  $(\text{estatura})^2/\text{bioimpedancia}$  y no la combina con ninguna más. En varones se obtiene un porcentaje de grasa de 7,65% y en mujeres de 14,01%, en ambos casos los

valores son más bajos de lo esperado, aunque más altos que con las otras englobadas en este grupo.

Kushner y Schoeller<sup>2</sup> (1986) y Kushner *et al.*<sup>3</sup> (1992): son dos ecuaciones similares a la de Holtain, aunque se emplea una variable más que es el peso, y en vez de impedancia se usa resistencia. Las puntuaciones siguen siendo pequeñas con medias de tan sólo 3,68% y 0,86% en varones, y 11,83% y 8,22% en mujeres, respectivamente para cada una de las ecuaciones citadas. Con Kushner *et al.*<sup>3</sup> (1992) los porcentajes son claramente más bajos, la principal diferencia entre las dos es que en ésta se emplea la misma expresión para ambos sexos.

Lohman (1992): tanto la fórmula como los porcentajes hallados son parecidos a los dados por Kushner y Schoeller<sup>2</sup> (1986), si bien cabe reseñar que son un poco superiores: 5,85% en varones y 13,11% en mujeres.

Lukaski *et al.*<sup>3</sup> (1986): es muy similar a la de Holtain, salvo que usa resistencia en vez de impedancia, además de que emplea distinta ecuación según el sexo. En comparación con éste los valores son más bajos en mujeres, la media es de 7,91%, mientras que en varones son más parecidos, el porcentaje es de 3,37%.

Van Loan *et al.*<sup>1</sup> (1990) y Van Loan *et al.*<sup>2</sup> (1990): con respecto a las seis anteriores las fórmulas predictivas de Van Loan *et al.* incluyen la combinación de las dos variables peso y sexo; los resultados que se obtienen son más altos con la segunda, aunque bajos con ambas, en varones 1,33% y 5,03% mientras que en mujeres 7,37% y 10,12%.

- "Valores altos". Se incluyen aquí aquellas ecuaciones cuyo empleo proporciona resultados en el porcentaje de grasa altos, es decir, superiores al 9% en varones y al 15% en mujeres:

- Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (1991).
- Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (1990b).
- Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> (1988).
- Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup> (1988).
- Segal *et al.* (1988).

Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (1991) y Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (1990b): ambas son similares ya que utilizan como variables sexo, peso, (estatura)<sup>2</sup>/resistencia, y son las únicas que emplean como un sumando aparte el valor de la estatura. La diferencia entre ellas es que la primera incluye además la edad. Los resultados obtenidos son muy parecidos con las dos, aunque los porcentajes son un poco más bajos con la primera, las puntuaciones son respectivamente: 11,63%-13,83% en varones y 18,61%-20,17% en mujeres.

Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> (1988) y Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup> (1988): son semejantes entre ellas y muy similares a las proporcionadas por Deurenberg *et al.*, aunque estos últimos calculan FFM en vez del agua total (TBW) e introducen una variable más, que es la anteriormente indicada: estatura multiplicada por una constante. No obstante, los porcentajes hallados son muy parecidos, especialmente con la ecuación denominada Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (1991). Entre las dos dadas por los autores

Lukaski y Bolonchuk hay ligeras diferencias, siendo un poco superiores los valores obtenidos con la primera, en concreto: 10,03%, 9,71% en varones frente a 17,62%, 17,18% en mujeres.

Segal *et al.* (1988): como ya se mencionó usan las mismas variables que las proporcionadas por Gray *et al.* (1989) aunque con Segal *et al.* los valores son muy superiores. Las puntuaciones resultantes se asemejan más a las dos obtenidas por Deurenberg *et al.* y Lukaski y Bolonchuk, en concreto, la media de grasa es de 9,09% en varones y 19,32% en mujeres.

Varones (n = 62)	Masa grasa (FM) Media $\pm$ SD (kg)	Masa libre de grasa (FFM) Media $\pm$ SD (kg)	Porcentaje de grasa Media $\pm$ SD (%)
Boulier <i>et al.</i> (1990)	-9,57 $\pm$ 4,35	82,63 $\pm$ 10,44	-13,49 $\pm$ 6,44
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> (1991)	8,95 $\pm$ 6,25	64,10 $\pm$ 7,03	11,63 $\pm$ 5,79
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>2</sup> (1990b)	10,43 $\pm$ 5,70	62,62 $\pm$ 7,56	13,83 $\pm$ 6,38
Gray <i>et al.</i> (1989)	8,35 $\pm$ 6,49	64,69 $\pm$ 6,57	10,72 $\pm$ 5,99
Holtain*	5,58 $\pm$ 10,47	67,42 $\pm$ 10,00	7,65 $\pm$ 13,54
Kushner y Schoeller <sup>1</sup> (1986)	-0,28 $\pm$ 7,68	73,34 $\pm$ 9,41	-1,05 $\pm$ 7,86
Kushner y Schoeller <sup>2</sup> (1986)	3,24 $\pm$ 6,64	69,81 $\pm$ 7,51	3,68 $\pm$ 7,49
Kushner <i>et al.</i> <sup>3</sup> (1992)	1,08 $\pm$ 8,12	71,96 $\pm$ 9,66	0,86 $\pm$ 7,14
Lohman (1992)	4,67 $\pm$ 5,61	68,38 $\pm$ 7,96	5,85 $\pm$ 3,88
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> (1988)	7,81 $\pm$ 6,81	65,24 $\pm$ 7,43	10,03 $\pm$ 7,51
Lukaski y Bolonchuk <sup>2</sup> (1988)	7,55 $\pm$ 6,79	65,49 $\pm$ 7,63	9,71 $\pm$ 9,89
Lukaski <i>et al.</i> <sup>3</sup> (1986)	3,02 $\pm$ 8,61	70,03 $\pm$ 9,03	3,37 $\pm$ 6,91
Segal <i>et al.</i> (1988)	7,14 $\pm$ 6,16	65,91 $\pm$ 6,95	9,09 $\pm$ 6,96
Van Loan <i>et al.</i> <sup>1</sup> (1990)	1,35 $\pm$ 5,37	71,69 $\pm$ 8,45	1,33 $\pm$ 6,88
Van Loan <i>et al.</i> <sup>2</sup> (1990)	4,09 $\pm$ 5,96	68,95 $\pm$ 8,06	5,03 $\pm$ 6,67

Tabla 3.22. Fraccionamiento corporal por bioimpedancia en varones: masa grasa (FM), masa libre de grasa (FFM) y porcentaje de grasa. \* Proporcionada por el fabricante del analizador.

Mujeres (n = 198)	Masa grasa (FM) Media $\pm$ SD (kg)	Masa libre de grasa (FFM) Media $\pm$ SD (kg)	Porcentaje de grasa Media $\pm$ SD (%)
Boulier <i>et al.</i> (1990)	-2,03 $\pm$ 3,20	59,79 $\pm$ 7,64	-3,77 $\pm$ 5,77
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> (1991)	11,05 $\pm$ 4,53	46,82 $\pm$ 5,02	18,61 $\pm$ 5,91
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>2</sup> (1990b)	11,88 $\pm$ 4,05	45,99 $\pm$ 5,23	20,17 $\pm$ 5,01
Gray <i>et al.</i> (1989)	6,74 $\pm$ 5,57	51,13 $\pm$ 4,52	10,83 $\pm$ 8,20
Holtain*	8,11 $\pm$ 6,39	49,65 $\pm$ 6,03	14,01 $\pm$ 9,92
Kushner y Schoeller <sup>1</sup> (1986)	3,26 $\pm$ 5,25	54,61 $\pm$ 6,20	4,99 $\pm$ 8,59
Kushner y Schoeller <sup>2</sup> (1986)	7,28 $\pm$ 5,12	50,59 $\pm$ 4,58	11,83 $\pm$ 7,47
Kushner <i>et al.</i> <sup>3</sup> (1992)	5,10 $\pm$ 5,53	52,77 $\pm$ 6,32	8,22 $\pm$ 8,85
Lohman (1992)	7,89 $\pm$ 4,20	49,98 $\pm$ 5,18	13,11 $\pm$ 5,87
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> (1988)	10,52 $\pm$ 4,93	47,36 $\pm$ 5,07	17,62 $\pm$ 6,81
Lukaski y Bolonchuk <sup>2</sup> (1988)	10,25 $\pm$ 4,90	47,62 $\pm$ 5,25	17,18 $\pm$ 6,89
Lukaski <i>et al.</i> <sup>3</sup> (1986)	5,02 $\pm$ 5,99	52,85 $\pm$ 5,85	7,91 $\pm$ 9,56
Segal <i>et al.</i> (1988)	11,58 $\pm$ 4,99	46,30 $\pm$ 3,75	19,32 $\pm$ 6,03
Van Loan <i>et al.</i> <sup>1</sup> (1990)	4,53 $\pm$ 3,76	53,34 $\pm$ 5,86	7,37 $\pm$ 6,41
Van Loan <i>et al.</i> <sup>2</sup> (1990)	6,16 $\pm$ 4,22	51,72 $\pm$ 5,51	10,12 $\pm$ 6,27

Tabla 3.23. Fraccionamiento corporal por bioimpedancia en mujeres: masa grasa (FM), masa libre de grasa (FFM) y porcentaje de grasa. \* Proporcionada por el fabricante del analizador.



### 3.2.3. Comparación entre ecuaciones de bioimpedancia

Teniendo en cuenta lo mencionado en el apartado anterior, hay que destacar ante todo que las diferencias encontradas entre las ecuaciones de bioimpedancia, usadas en este estudio, son bastante elevadas. De hecho la media del porcentaje de grasa abarca una gran amplitud (tablas 3.22 y 3.23), se extiende desde valores negativos hasta 13,83% en varones y alcanza el máximo de 20,17% en mujeres. Esto proporciona una idea clara, y es que a partir de un mismo dato de impedancia o resistencia los resultados obtenidos, tras el fraccionamiento corporal, van a ser muy distintos según la ecuación que se emplee.

En este sentido hay que determinar cuál o cuáles se ajustan más a la realidad, en el apartado 3.2.2 se ha visto que son en las ecuaciones desarrolladas por Deurenberg *et al.*<sup>1-2</sup>, Segal *et al.* y Lukaski y Bolonchuk<sup>1-2</sup> donde los porcentajes de grasa alcanzan los valores más semejantes a lo esperado, partiendo de que se han tomado como referencia las puntuaciones resultantes por antropometría. Así mismo, se han establecido algunas similitudes y diferencias generales entre ellas, no obstante puede ser interesante comparar alguna de estas ecuaciones con el resto, todas con todas resultaría muy tedioso y además no proporcionaría muchos más datos en relación a los objetivos de este estudio.

De entre el conjunto se ha optado por escoger dos, elegidas de entre las que dan resultados más acordes con lo esperado, para compararlas con el resto, en concreto, Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> y Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup>; se ha seleccionado una de cada autor aunque hay que partir de la idea previa de que con las que más similitud van a

mostrar serán con las otras expresiones que dichos autores proporcionan y con la de Segal *et al.*, dado que entre ellas las medias para el porcentaje de grasa son parecidas. Para contrastarlas se han calculado los coeficientes de correlación de Pearson e intraclass y se ha aplicado el procedimiento gráfico Bland y Altman.

Comparación de Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> con el resto de ecuaciones de bioimpedancia (tablas 3.24 y 3.25): pese a las importantes diferencias encontradas entre las medias para el porcentaje de grasa los coeficientes de correlación entre las ecuaciones son significativos y elevados: oscilan desde 0,89 a 0,98 en varones y desde 0,86 a 0,98 en mujeres. Si bien, por el método Bland y Altman se ha obtenido que las puntuaciones para las medias de la diferencia del porcentaje de grasa sí salen muy distintas según la ecuación con la que se compare.

Las menores medias de la diferencia en el porcentaje de grasa en valor absoluto, o lo que es lo mismo las más cercanas a cero, que representan la existencia de una mayor concordancia son respectivamente para varones y mujeres de: -2,21% y -1,55% al comparar con Deurenberg *et al.*<sup>2</sup>, 1,59% y 0,99% con Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup>, 1,91% y 1,43% con Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup> y 2,53% y -0,71% con Segal *et al.* Como se han calculado restando el valor de Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> con el resto el signo positivo indica que en la comparación con la correspondiente ecuación el porcentaje de grasa sale mayor con Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> en su conjunto, y el negativo lo contrario.

En cuanto a los intervalos de concordancia se sitúan para varones y mujeres respectivamente en el: 10,11% y 10,91% al comparar con Deurenberg *et al.*<sup>2</sup>, 7,88% y 7,88% con Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup>, 7,92% y 7,60% con Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup>, y

5,81% y 10,15% con Segal *et al.* Aunque al contrastar con otras ecuaciones se han obtenido intervalos menores sólo con las cuatro citadas los dos límites de dichos intervalos (media +2SD y media -2SD) son bajos para ambos sexos, es decir, se encuentran comprendidos entre el  $\pm 10\%$  (SEEDO, 1995; Lean *et al.*, 1996; Martín *et al.*, 2001).

En las figuras 3.7, 3.8 y 3.9 se han representado algunas de las comparaciones entre las que hay mayor concordancia, en todas ellas la correlación entre ejes es baja, para varones y mujeres es respectivamente de: 0,35/0,33 con Deurenberg *et al.*<sup>2</sup>, -0,41/-0,45 con Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> y -0,16/-0,04 con Segal *et al.* Para este último las diferencias entre métodos son debidas principalmente al azar, ya que los coeficientes no son significativos. Mientras que en los otros casos hay una cierta tendencia en la ubicación de las diferencias, en concreto, las discrepancias entre expresiones suelen ser mayores cuando el porcentaje de grasa es bajo. No obstante, aunque en estas representaciones el coeficiente sí es significativo hay que señalar que su valor no es muy elevado por lo que no hay una pauta clara en la distribución de las diferencias.

Porcentaje grasa Varones (n = 62)	Coeficientes correlación		Bland-Altman				
	R	CCI	Media diferencia (%)	SD (%)	Límites intervalo (%)		Intervalo concordancia (%)
					Media + 2SD	Media - 2SD	
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Boulter <i>et al.</i>	0,93**	0,96**	25,11	2,32	29,73	20,49	9,23
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Deurenberg <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,92**	0,95**	-2,21	2,54	2,84	-7,26	10,11
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Gray <i>et al.</i>	0,94**	0,96**	0,90	2,35	5,58	-3,78	9,35
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Holtain	0,89**	0,90**	3,98	4,92	13,77	-5,81	19,58
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Kushner y Schoeller <sup>1</sup>	0,89**	0,91**	12,67	4,54	21,70	3,64	18,07
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Kushner y Schoeller <sup>2</sup>	0,92**	0,95**	7,95	2,96	13,84	2,06	11,78
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Kushner <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,89**	0,90**	10,76	5,04	20,79	0,73	20,06
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Lohman	0,91**	0,95**	5,77	2,74	11,22	0,32	10,91
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup>	0,96**	0,98**	1,59	1,98	5,53	-2,35	7,88
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Lukaski y Bolonchuk <sup>2</sup>	0,96**	0,98**	1,91	1,99	5,87	-2,05	7,92
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Lukaski <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,90**	0,90**	8,25	5,04	18,28	-1,78	20,06
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Segal <i>et al.</i>	0,97**	0,98**	2,53	1,46	5,44	-0,38	5,81
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Van Loan <i>et al.</i> <sup>1</sup>	0,91**	0,95**	10,29	2,68	15,62	4,96	10,67
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Van Loan <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,91**	0,95**	6,59	2,74	12,04	1,14	10,91

Tabla 3.24. Comparación del porcentaje de grasa entre Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> y el resto de ecuaciones de bioimpedancia en varones: coeficiente de correlación de Pearson (R), coeficiente de correlación intraclase (CCI) y Bland-Altman. \*\* Significativo  $P < 0,01$ .

Porcentaje grasa Mujeres (n = 198)	Coeficientes correlación		Bland-Altman				
	R	CCI	Media diferencia (%)	SD (%)	Límites intervalo (%)		Intervalo concordancia (%)
					Media + 2SD	Media - 2SD	
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Boulier <i>et al.</i>	0,96**	0,98**	14,82	1,51	17,84	11,80	6,04
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Deurenberg <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,88**	0,93**	-1,55	2,74	3,90	-7,00	10,91
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Gray <i>et al.</i>	0,96**	0,95**	7,78	2,95	13,65	1,91	11,74
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Holtain	0,86**	0,88**	4,61	4,87	14,30	-5,08	19,38
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Kushner y Schoeller <sup>1</sup>	0,86**	0,89**	13,61	4,52	22,60	4,62	17,99
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Kushner y Schoeller <sup>2</sup>	0,87**	0,91**	6,78	3,67	14,08	-0,52	14,61
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Kushner <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,86**	0,88**	10,39	4,82	19,98	0,80	19,18
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Lohman	0,88**	0,93**	5,50	2,88	11,23	-0,23	11,46
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup>	0,96**	0,97**	0,99	1,98	4,93	-2,95	7,88
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Lukaski y Bolonchuk <sup>2</sup>	0,96**	0,97**	1,43	1,91	5,23	-2,37	7,60
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Lukaski <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,87**	0,87**	10,70	5,23	21,11	0,29	20,82
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Segal <i>et al.</i>	0,90**	0,95**	-0,71	2,55	4,36	-5,78	10,15
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Van Loan <i>et al.</i> <sup>1</sup>	0,87**	0,93**	11,23	2,92	17,04	5,42	11,62
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Van Loan <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,87**	0,93**	8,49	3,03	14,52	2,46	12,06

Tabla 3.25. Comparación del porcentaje de grasa entre Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> y el resto de ecuaciones de bioimpedancia en mujeres: coeficiente de correlación de Pearson (R), coeficiente de correlación intraclase (CCI) y Bland-Altman. \*\* Significativo  $P < 0,01$ .

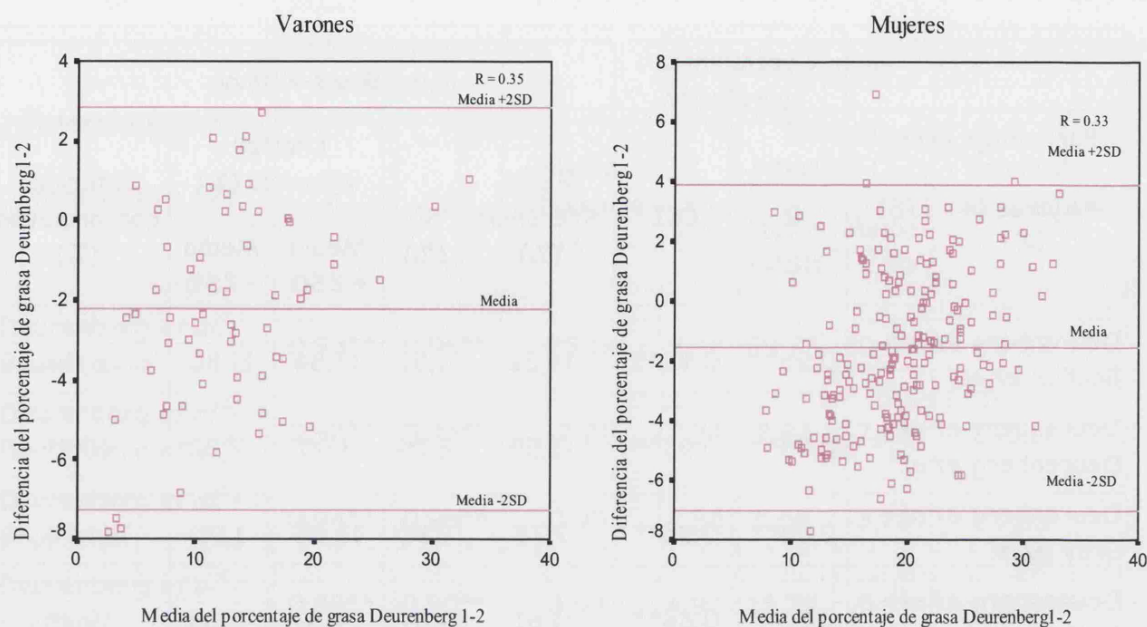


Figura 3.7. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Deurenberg *et al.*<sup>1</sup>-Deurenberg *et al.*<sup>2</sup>

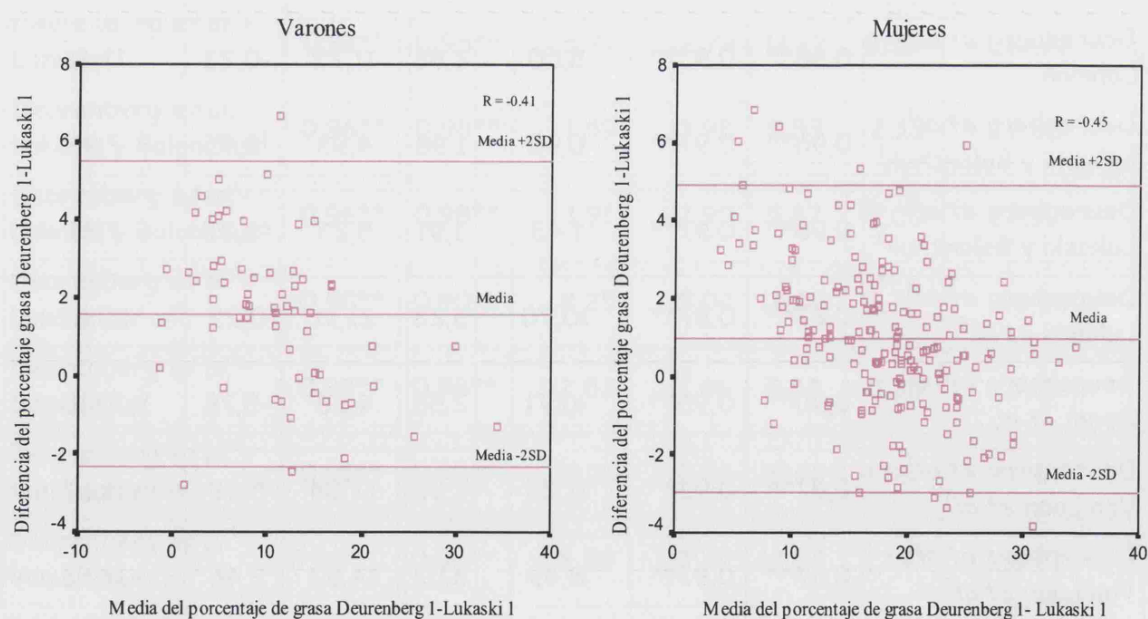


Figura 3.8. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Deurenberg *et al.*<sup>1</sup>-Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup>.

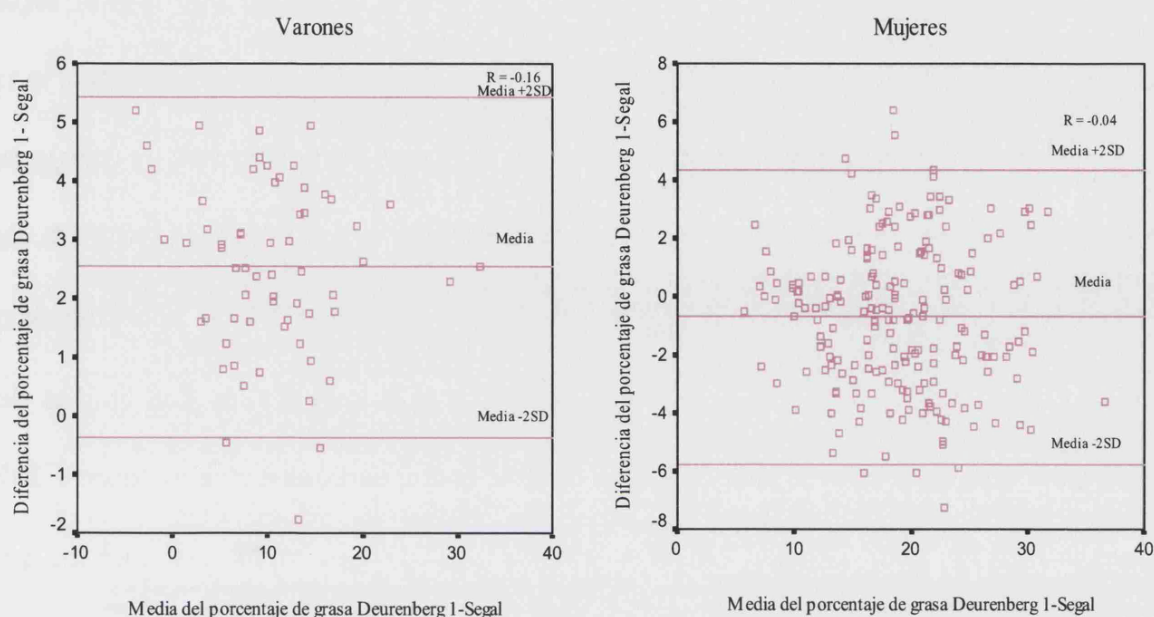


Figura 3.9. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Deurenberg *et al.*<sup>1</sup>-Segal *et al.*

Comparación de Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> con el resto de ecuaciones de bioimpedancia (tablas 3.26 y 3.27): al igual que en el caso anterior las diferencias encontradas entre los porcentajes de grasa de las distintas ecuaciones son elevadas, y por tanto, no se corresponde con el hecho de que los coeficientes de correlación entre las mismas sean significativos y altos, éstos oscilan entre 0,89-0,99 en varones y 0,85-0,99 en mujeres. Con el método Bland y Altman las medias de la diferencia más cercanas a cero o más bajas en valor absoluto, indicativas de la existencia de una mayor concordancia, son respectivamente para varones y mujeres de: -1,59% y -0,99% al comparar con Deurenberg *et al.*<sup>1</sup>, -3,80% y -2,55% con Deurenberg *et al.*<sup>2</sup>, 2,39% y 3,62% con Holtain, 0,32% y 0,44% con Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup> y 0,94% y 1,69% con Segal *et al.* Como los resultados se han hallado restando a Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> el valor resultante en las demás ecuaciones el

signo positivo significa que, para el conjunto de los datos, la puntuación en el porcentaje de grasa es mayor con Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> y el negativo lo contrario.

Los intervalos de concordancia se sitúan para varones y mujeres respectivamente en: 7,88% y 7,88% con Deurenberg *et al.*<sup>1</sup>, 9,47% y 10,35% con Deurenberg *et al.*<sup>2</sup>, 13,17% y 12,78% con Holtain, 1,56% y 1,67% con Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup> y 13,13% y 14,21% con Segal *et al.* Para todas ellas los dos límites del intervalo (media +2SD y media -2SD) son bajos, comprendidos entre el rango  $\pm 10\%$  (SEEDO, 1995; Lean *et al.*, 1996; Martín *et al.*, 2001), hay otros casos en los que los intervalos o límites del mismo son también pequeños pero la media de la diferencia se aleja más de cero, en comparación con las anteriormente citadas, por ejemplo esto sucede con Lohman y Kushner y Schoeller<sup>2</sup>. También se da el caso de que sólo se cumple para un sexo la óptima concordancia como ocurre para los varones con la expresión de Gray *et al.*

De entre todos los límites del intervalo de concordancia calculadas hay que destacar que son especialmente pequeños los valores en la comparación con Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup>, 1,10% y -0,46% en varones, 1,28% y -0,40% en mujeres; en ésta son muy bajos dado que tanto la media de la diferencia como su desviación son pequeños. Por tanto, teniendo en cuenta todos los datos, la mayor igualdad se da entre estas dos ecuaciones, lo que es lógico ya que las dos son de los mismos autores y año, además muy semejantes en cuanto a las variables y constantes que utilizan.

Se han representado en las figuras 3.10 y 3.11 la comparación con Segal *et al.* y Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup>, en ambas se observa que la correlación entre ejes es



baja, para varones y mujeres el valor es respectivamente de: 0,18 y 0,22 con Segal *et al.*, -0,05 y -0,20 con Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup>. Las nubes dispersas de puntos unidos a los bajos valores de los coeficientes, sólo significativos en mujeres, indican que las diferencias entre las mencionadas ecuaciones son principalmente debidas al azar.

Porcentaje grasa Varones (n = 62)	Coeficientes correlación		Bland-Altman				
	R	CCI	Media diferencia (%)	SD (%)	Límites intervalo (%)		Intervalo concordancia (%)
					Media + 2SD	Media - 2SD	
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> - Boulier <i>et al.</i>	0,95**	0,96**	23,52	2,43	28,36	18,68	9,67
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> - Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup>	0,96**	0,98**	-1,59	1,98	2,35	-5,53	7,88
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> - Deurenberg <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,96**	0,96**	-3,80	2,38	0,94	-8,54	9,47
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> - Gray <i>et al.</i>	0,95**	0,97**	-0,68	2,26	3,82	-5,18	8,99
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> - Holtain	0,96**	0,96**	2,39	3,31	8,98	-4,20	13,17
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> - Kushner y Schoeller <sup>1</sup>	0,96**	0,96**	11,08	2,93	16,91	5,25	11,66
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> - Kushner y Schoeller <sup>2</sup>	0,97**	0,98**	6,35	1,72	9,77	2,93	6,85
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> - Kushner <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,95**	0,95**	9,17	3,45	16,04	2,30	13,73
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> - Lohman	0,97**	0,97**	4,18	1,99	8,14	0,22	7,92
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> - Lukaski y Bolonchuk <sup>2</sup>	0,99**	0,96**	0,32	0,39	1,10	-0,46	1,56
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> - Lukaski <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,97**	0,96**	6,66	3,43	13,49	-0,17	13,65
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> - Segal <i>et al.</i>	0,89**	0,94**	0,94	3,30	7,51	-5,63	13,13
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> - Van Loan <i>et al.</i> <sup>1</sup>	0,97**	0,98**	8,70	1,81	12,30	5,10	7,20
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> - Van Loan <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,97**	0,98**	5,00	1,62	8,22	1,78	6,45

Tabla 3.26. Comparación del porcentaje de grasa entre Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> y el resto de ecuaciones de bioimpedancia en varones: coeficiente de correlación de Pearson (R), coeficiente de correlación intraclase (CCI) y Bland-Altman. \*\* Significativo  $P < 0,01$ .

Porcentaje de grasa	Coeficientes correlación		Bland-Altman				
	R	CCI	Media diferencia (%)	SD (%)	Límites intervalo (%)		Intervalo concordancia (%)
					Media + 2SD	Media - 2SD	
Mujeres (n = 198)							
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> -Boulier <i>et al.</i>	0,96**	0,97**	14,29	1,82	17,93	10,65	7,28
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> -Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup>	0,96**	0,97**	-0,99	1,98	2,95	-4,93	7,88
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> -Deurenberg <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,94**	0,95**	-2,55	2,60	2,62	-7,72	10,35
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> -Gray <i>et al.</i>	0,89**	0,93**	6,79	3,70	14,15	-0,57	14,73
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> -Holtain	0,95**	0,95**	3,62	3,21	10,01	-2,77	12,78
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> -Kushner y Schoeller <sup>1</sup>	0,95**	0,96**	12,62	2,87	18,33	6,91	11,42
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> -Kushner y Schoeller <sup>2</sup>	0,94**	0,97**	5,71	2,40	10,49	0,93	9,55
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> -Kushner <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,95**	0,95**	9,40	3,19	15,75	3,05	12,70
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> -Lohman	0,96**	0,97**	4,50	2,00	8,48	0,52	7,96
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> -Lukaski y Bolonchuk <sup>2</sup>	0,99**	0,99**	0,44	0,42	1,28	-0,40	1,67
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> -Lukaski <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,96**	0,95**	9,70	3,56	16,78	2,62	14,17
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> -Segal <i>et al.</i>	0,85**	0,91**	1,69	3,57	8,79	-5,41	14,21
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> -Van Loan <i>et al.</i> <sup>1</sup>	0,96**	0,97**	10,24	2,04	14,30	6,18	8,12
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> -Van Loan <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,96**	0,97**	7,50	1,89	11,26	3,74	7,52

Tabla 3.27. Comparación del porcentaje de grasa entre Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> y el resto de ecuaciones de bioimpedancia en mujeres: coeficiente de correlación de Pearson (R), coeficiente de correlación intraclase (CCI) y Bland-Altman. \*\* Significativo  $P < 0,01$ .

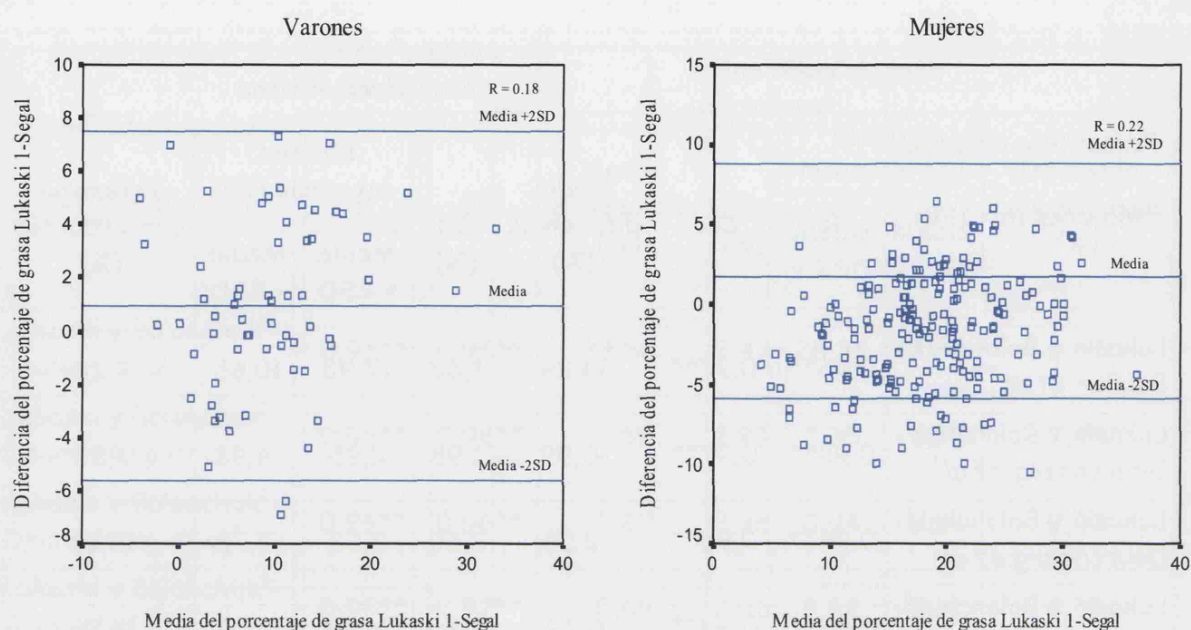


Figura 3.10. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup>-Segal *et al.*

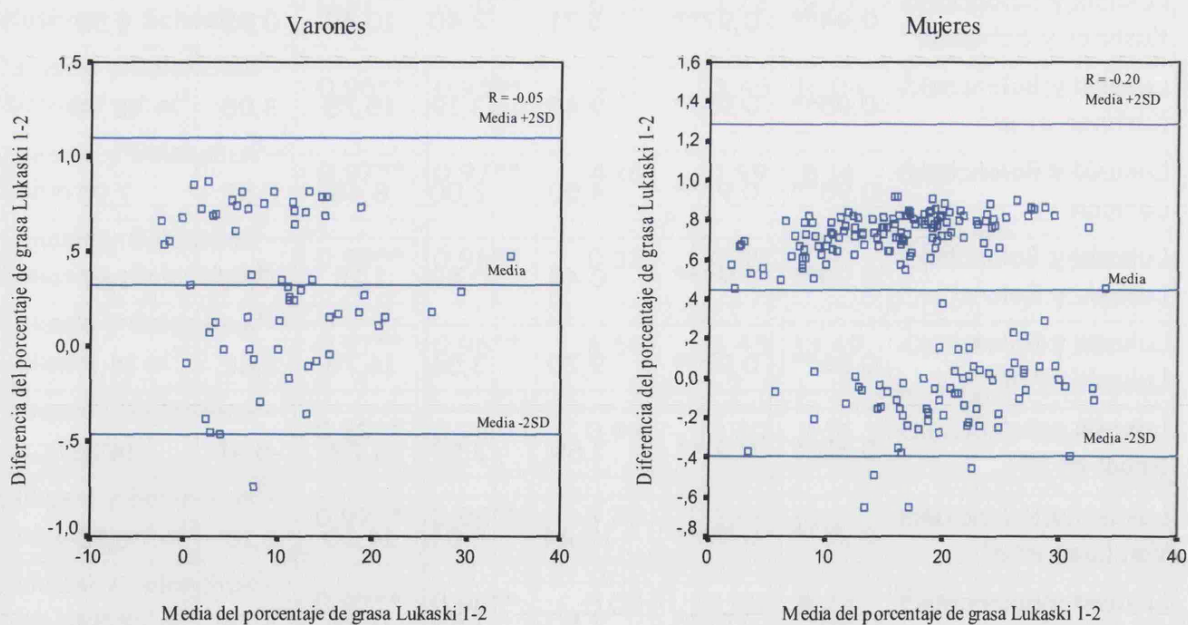


Figura 3.11. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup>-Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup>.

### **3.3. CREATININA**

En los resultados de la determinación de creatinina se señala en primer lugar el error de la técnica y la diferencia de creatinina encontrada entre las dos muestras de orina recogidas a cada individuo, a continuación, se detalla la cantidad media excretada y su coeficiente, indicando en cada caso la amplitud (puntuaciones máximas y mínimas). Por último, se describe el promedio de la masa libre de grasa (FFM) estimada a través de la excreción en orina del citado metabolito y obtenida por medio de distintas ecuaciones.

#### **3.3.1. Medida de creatinina**

El tamaño muestral en todos los datos referidos a la creatinina baja considerablemente, el motivo es que algunos individuos a los que se les tomaron las variables antropométricas y de bioimpedancia no trajeron las muestras de orina, unido al hecho de que se tuvieron que eliminar algunas de ellas, ya que no reunían las condiciones óptimas para su análisis.

En relación al método empleado hay que considerar dos aspectos que pueden interferir en su aplicación e interpretación y que se recogen en la tabla 3.28. Por un lado, el error de medida propio de la técnica de colorimetría que se ha calculado a partir de la fórmula de Johnston (1986); el resultado del mismo es bastante bajo, 0,0098 g, es decir, indicativo de que hay una elevada fiabilidad en la duplicidad de las medidas. Por otra parte, hay que valorar que no se ha recogido la orina de 24 horas sino que se parte de la puntuación media de dos muestras,

correspondientes, según las indicaciones dadas, una a la orina de la mañana y otra a la de la noche, no existiendo certeza de la precisión horaria con que el individuo recogió cada una de ellas. A fin de profundizar en su análisis se ha calculado para cada sujeto la diferencia entre los valores de creatinina obtenidos a partir de ambas muestras, y se ha verificado que este parámetro oscila en varones entre 0,03-2,74 g, de media 0,78 g, y en mujeres desde 0,01-2,62 g, con una media de 0,87 g. De tal amplitud de variación y de los altos valores de la desviación estándar se deduce que en algunos sujetos las dos orinas dieron valores muy parecidos mientras que en otros se constataron resultados muy dispares.

Error técnica (g)	Diferencia en creatinina entre muestras de orina (g)			
	Varones (n = 36)		Mujeres (n = 93)	
Ambos sexos (n = 27)	Media $\pm$ SD	Amplitud	Media $\pm$ SD	Amplitud
0,0098	0,78 $\pm$ 0,67	0,03-2,74	0,87 $\pm$ 0,71	0,01-2,62

Tabla 3.28. Error del método colorimétrico y diferencias entre las dos muestras de orina recogidas a cada individuo.

En la tabla 3.29 se muestra la cantidad de creatinina excretada diariamente en la orina, la media de la excreción es significativamente diferente en función del sexo, en varones es de 1,85 g y en mujeres de 1,49 g. Hay que destacar que la variabilidad es muy notable, tal y como se desprende de las altas desviaciones estándar obtenidas y de la gran amplitud en las puntuaciones. En cuanto al valor del coeficiente de creatinina no se han encontrado diferencias significativas entre

ambos sexos, en concreto, el valor medio en la serie femenina aquí analizada es de 26,02 mg/kg, muy similar al hallado en los varones que ha resultado ser de 26,19 mg/kg (contraste de medias realizado por t-Student y Mann-Whitney U test).

Creatinina en orina* (g)	Varones (n = 36)		Mujeres (n = 93)	
	Media $\pm$ SD	Amplitud	Media $\pm$ SD	Amplitud
	1,85 $\pm$ 1,08	0,37-2,58	1,49 $\pm$ 0,64	0,40-2,73
Coeficiente de creatinina (mg/kg)	Media $\pm$ SD	Amplitud	Media $\pm$ SD	Amplitud
	26,19 $\pm$ 5,80	15,69-37,67	26,02 $\pm$ 7,60	12,38-45,11

Tabla 3.29. Excreción diaria de creatinina en orina y coeficiente.

\* Diferencias significativas entre sexos: P (<0,05).

### 3.3.2. Fraccionamiento por diversas ecuaciones

Se ha estimado la masa libre de grasa (FFM) a partir de la excreción de creatinina, como es lógico por su diferente composición corporal los varones siempre presentan puntuaciones mayores que las mujeres (tabla 3.30). En los chicos, dependiendo de la ecuación empleada, la media para la masa libre de grasa varía de 86,73 kg a 61,35 kg, mientras que en las chicas va de 70,14 kg a 49,61 kg, correspondientes en ambos casos la más alta a la expresión de Bürger (1919) y la más baja a la de Kriesberg *et al.* (1970). Ante todo se puede observar que hay diferencias importantes según la fórmula predictiva elegida, esto es debido a las distintas constantes que utilizan cada una de ellas (ver material y métodos).

Hay que señalar que unas expresiones calculan la masa libre de grasa mientras que otras estiman componentes diferentes, relacionadas siempre con la masa muscular, por lo que se han tenido que emplear factores de conversión para hallar la masa libre de grasa. Esto unido a otras limitaciones (indicadas en material y métodos) hacen que los resultados para la FFM que se muestran en la tabla 3.30 sean un tanto aproximados, condición por la cual no se ha considerado oportuno calcular la masa grasa (restando al peso dicho valor) ya que sería una estimación no muy precisa.

Masa libre de grasa (FFM) (kg)	Varones (n = 36) Media $\pm$ SD	Mujeres (n = 93) Media $\pm$ SD
Bürger (1919)	86,73 $\pm$ 17,56	70,14 $\pm$ 19,24
Talbot (1938)	67,73 $\pm$ 2,28	54,82 $\pm$ 15,04
Graystone (1968)	75,75 $\pm$ 2,55	61,25 $\pm$ 16,80
Kriesberg <i>et al.</i> (1970)	61,35 $\pm$ 2,07	49,61 $\pm$ 13,61
Picou <i>et al.</i> (1976)	70,44 $\pm$ 14,26	56,96 $\pm$ 15,63
Wang <i>et al.</i> <sup>1</sup> (1996)	82,57 $\pm$ 16,72	66,77 $\pm$ 18,32
Forbes y Bruining <sup>1</sup> (1976)	61,38 $\pm$ 1,82	51,05 $\pm$ 11,98
Forbes y Bruining <sup>2</sup> (1976)	65,42 $\pm$ 1,50	56,86 $\pm$ 9,92
Forbes <sup>3</sup> (1987)	61,88 $\pm$ 1,84	51,45 $\pm$ 12,10
Forbes <sup>4</sup> (1987)	65,30 $\pm$ 1,50	56,75 $\pm$ 9,91
Wang <i>et al.</i> <sup>2</sup> (1996)	79,95 $\pm$ 2,41	66,25 $\pm$ 15,88

Tabla 3.30. Masa libre de grasa (FFM) a partir de creatinina en orina.



### 3.3.3. Comparación entre ecuaciones de creatinina

Las seis primeras ecuaciones empleadas para calcular la masa libre de grasa (tabla 3.30) se han obtenido multiplicando por una constante el valor de creatinina, es decir, aplicando lo que se conoce como una ecuación lineal de proporcionalidad directa ( $Y = aX$ ), mientras que la expresión de Wang *et al.*<sup>2</sup> y todas las desarrolladas por Forbes son ecuaciones lineales afines, es decir, igual que la anterior pero poseen además un término independiente ( $Y = aX + b$ ). Por lo tanto, si se estableciese el coeficiente de correlación de Pearson entre las distintas expresiones al haber una relación lineal entre ellas saldría de valor uno, condición por la cual no se ha calculado. Por la misma razón tampoco aporta demasiada información aplicar el método Bland y Altman, no obstante, a fin de clarificar se han calculado algunos datos, se ha comparado la ecuación de Forbes y Bruining<sup>1</sup> con el resto (tablas 3.31 y 3.32, figura 3.12).

La media de la diferencia para la masa libre de grasa al contrastar la ecuación de Forbes y Bruining<sup>1</sup> con las demás presenta los valores más cercanos a cero en las correspondientes a: Kriesberg *et al.*, en varones 0,03 kg y en mujeres 1,43 kg, y en las otras tres proporcionadas por Forbes. En concreto, en varones y mujeres la media de la diferencia es respectivamente: -4,04 kg y -5,81 kg para la ecuación de Forbes y Bruining<sup>2</sup>, -0,50 kg y -0,39 kg en la de Forbes<sup>3</sup>, y por último, 3,91 kg y -5,70 kg para la nombrada como Forbes<sup>4</sup>. En todas éstas los intervalos son también los más bajos, situándose entre 0,40 kg y 7,52 kg en varones, y entre 0,44 kg y 8,24 kg en mujeres, todo ello es indicativo de que hay una elevada

concordancia entre Forbes y Bruining<sup>1</sup> y las otras cuatro ecuaciones. En mujeres también es baja la media al comparar con Talbot (-3,77 kg) y Picou (-5,91 kg), pero los intervalos son más amplios.

Como era de esperar la representación gráfica (figura 3.12) muestra entre las variables de los ejes una relación lineal perfecta ( $r = 1$ ), es decir, las diferencias entre las ecuaciones siguen una pauta muy concreta en torno al valor de la variable de estudio que es FFM; esto es consecuencia de que todos emplean el mismo tipo de ecuaciones (lineales). En la mencionada figura se proporciona la obtenida de la comparativa entre Forbes y Bruining<sup>1</sup> con Kriesberg *et al.*, observándose una mayor puntuación de FFM con Forbes y Bruining<sup>1</sup> cuando dicha variable adquiere valores bajos (diferencia positiva) mientras que ocurre lo contrario (diferencias negativas) a partir de un valor intermedio, y así continúa hasta las puntuaciones altas. La dinámica es la misma para ambos sexos ya que parten de la misma expresión.

En definitiva, con el valor medio de la FFM (tabla 3.30) se obtiene una idea de la similitud entre unas ecuaciones y otras. Para determinar cuál de ellas estima mejor este componente corporal se van a comparar en el siguiente apartado los resultados de creatinina con los obtenidos por bioimpedancia y antropometría.

Masa libre de grasa (FFM)	Media diferencia (kg)	SD (kg)	Bland-Altman		Intervalo concordancia (kg)
			Límites intervalo (kg)		
			Media + 2SD	Media - 2SD	
Varones (n = 36)					
Forbes y Bruining <sup>1</sup> -Bürger	-25,34	6,62	-12,10	-38,58	26,48
Forbes y Bruining <sup>1</sup> -Talbot	-6,41	2,79	-0,83	-11,99	11,16
Forbes y Bruining <sup>1</sup> -Graystone	-14,36	4,40	-5,56	-23,16	17,60
Forbes y Bruining <sup>1</sup> - Kriesberg <i>et al.</i>	0,03	1,48	2,98	-2,93	5,92
Forbes y Bruining <sup>1</sup> -Picou <i>et al.</i>	-9,06	3,33	-2,40	-15,72	13,32
Forbes y Bruining <sup>1</sup> -Wang <i>et al.</i> <sup>1</sup>	-21,18	5,78	-9,62	-32,74	23,12
Forbes y Bruining <sup>1</sup> - Forbes y Bruining <sup>2</sup>	-4,04	1,87	-0,30	-7,78	7,48
Forbes y Bruining <sup>1</sup> -Forbes <sup>3</sup>	-0,50	0,10	-0,30	-0,70	0,40
Forbes y Bruining <sup>1</sup> -Forbes <sup>4</sup>	-3,91	1,88	-0,15	-7,67	7,52
Forbes y Bruining <sup>1</sup> -Wang <i>et al.</i> <sup>2</sup>	-18,58	3,56	-11,46	-25,7	14,24

Tabla 3.31. Comparación de la masa libre de grasa entre Forbes y Bruining<sup>1</sup> y el resto de ecuaciones de creatinina en varones, a través de Bland-Altman.

Masa libre de grasa (FFM) Mujeres (n = 93)	Bland-Altman				
	Media diferencia (kg)	SD (kg)	Límites intervalo (kg)		Intervalo concordancia (kg)
			Media + 2SD	Media - 2SD	
Forbes y Bruining <sup>1</sup> -Bürger	-19,08	7,26	-4,56	-33,60	29,04
Forbes y Bruining <sup>1</sup> -Talbot	-3,77	3,06	2,35	-9,89	12,24
Forbes y Bruining <sup>1</sup> -Graystone	-10,20	4,82	-0,56	-19,84	19,28
Forbes y Bruining <sup>1</sup> - Kriesberg <i>et al.</i>	1,43	1,63	4,69	-1,83	6,52
Forbes y Bruining <sup>1</sup> -Picou <i>et al.</i>	-5,91	3,64	1,37	-13,19	14,56
Forbes y Bruining <sup>1</sup> -Wang <i>et al.</i> <sup>1</sup>	-15,71	6,33	-3,05	-28,37	25,32
Forbes y Bruining <sup>1</sup> - Forbes y Bruining <sup>2</sup>	-5,81	2,05	-1,71	-9,91	8,20
Forbes y Bruining <sup>1</sup> -Forbes <sup>3</sup>	-0,39	0,11	-0,17	-0,61	0,44
Forbes y Bruining <sup>1</sup> -Forbes <sup>4</sup>	-5,70	2,06	-1,58	-9,82	8,24
Forbes y Bruining <sup>1</sup> -Wang <i>et al.</i> <sup>2</sup>	-15,20	3,90	-7,40	-23,00	15,60

Tabla 3.32. Comparación de la masa libre de grasa entre Forbes y Bruining<sup>1</sup> y el resto de ecuaciones de creatinina en mujeres, a través de Bland-Altman.

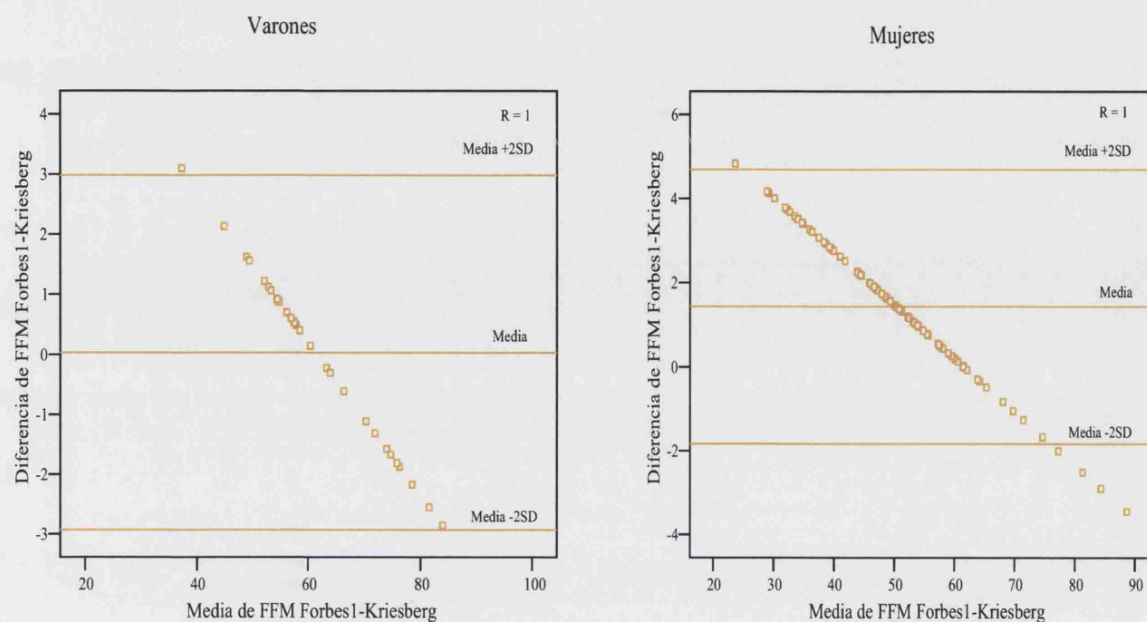


Figura 3.12. Bland-Altman: FFM entre Forbes y Bruining<sup>1</sup> y Kriesberg *et al.*

### 3.4. CORRELACIÓN Y CONCORDANCIA ENTRE MÉTODOS

Dado el gran número de ecuaciones empleadas y que no se obtienen los mismos parámetros con cada una de ellas se ha optado por hacer lo siguiente: por un lado, una comparación en términos del porcentaje de grasa hallado entre antropometría y bioimpedancia, y por otro lado, se han confrontado dichos métodos con lo obtenido por creatinina en orina a través de la masa libre de grasa calculada con los tres.

#### 3.4.1. Antropometría frente bioimpedancia

A continuación se contrastan los porcentajes de grasa resultantes por las quince ecuaciones de bioimpedancia con las tres de antropometría, esto es, Phantom (Drinkwater y Ross, 1980), Durnin y Womersley (1974) y Yuhasz (1974).

Hay que tener en cuenta que los tamaños muestrales cambian con respecto algunos datos proporcionados con anterioridad (para bioimpedancia coinciden con los de las tablas 3.22 y 3.23 pero no con los de la tabla 3.18 de antropometría).

#### 3.4.1.1. Phantom-Bioimpedancia

En las tablas 3.33 y 3.34 se recogen las correlaciones entre el porcentaje de grasa estimado con Phantom y el calculado a través de las ecuaciones de bioimpedancia, así como los resultados de aplicar el método comparativo Bland y Altman. Los resultados indican que los coeficientes de Pearson (R) son siempre significativos y se sitúan para los varones en el intervalo 0,31-0,42 y para las mujeres entre los límites de 0,49-0,56. En el intraclass (CCI) las puntuaciones resultan algo más elevadas ya que se hallan comprendidas para varones y mujeres respectivamente entre: 0,41-0,56 y 0,47-0,63. De entre todas las ecuaciones las que poseen los valores más altos en ambos coeficientes son: para varones, las de Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> y Gray *et al.*; mientras que en mujeres hay una mayor heterogeneidad ya que el de Pearson es más elevado en unas y el intraclass lo es en otras.

La media de las diferencias obtenidas para el porcentaje de grasa por el método Bland y Altman se sitúan en varones desde 0,38% a 27,71% y los intervalos se encuentran comprendidos entre 21,69%-37,42%, mientras que en mujeres la media se sitúa (en valor absoluto) entre 0,23% y 21,24% y los intervalos de concordancia entre 16,92%-32,80%. Con este método se pone de manifiesto un mayor rango de variación en las diferencias entre las expresiones predictivas que

con el cálculo de los coeficientes de correlación, y ello permite precisar el comportamiento de las distintas fórmulas.

Hay que tener en cuenta que todas las comparaciones se han hallado restando al porcentaje de grasa Phantom el valor de las demás ecuaciones, por lo tanto las medias de las diferencias positivas indican, en términos generales, mayor grasa con el método antropométrico y las negativas mayor valor con bioimpedancia. Para establecer la concordancia existente hay que tener en cuenta las medias de la diferencia, los intervalos de concordancia y los límites del mismo.

Las menores medias de las diferencias para el porcentaje de grasa en valor absoluto (o más cercanas a cero), y por tanto las mayores concordancias, se han encontrado entre Phantom y las siguientes ecuaciones de bioimpedancia: Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (0,38%), Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (2,59%), Gray *et al.* (3,50%) y Lukaski y Bolonchuk<sup>1-2</sup> (4,18% y 4,50%), en varones; y Lukaski y Bolonchuk<sup>1-2</sup> (0,23% y 0,67%), Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (-0,78%), Segal *et al.* (-1,47%) y Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (-2,35%), en mujeres.

En cuanto a los intervalos de concordancia son siempre de puntuación bastante elevada, ya que son superan el porcentaje de 21,69% en varones y de 16,92% en mujeres; en ambos casos la ecuación que presenta los mencionados valores, y que al ser los mas pequeños muestra mayor concordancia con Phantom, es la correspondiente a Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> En todas las comparaciones los dos límites de dicho intervalo (media +2SD y media -2SD) no se encuentran comprendidos, al menos para alguno de ellos, en el rango  $\pm 10\%$ , el cual ha sido establecido como uno de los criterios de buena concordancia (SEEDO, 1995; Lean *et al.*, 1996; Martín *et*

*al.*, 2001). Si bien en algunos casos como para Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> se acerca bastante a dicho rango ya que sus límites se sitúan entre -10,47%-11,23% en varones y -10,81%-6,11% en mujeres.



Porcentaje grasa	Coeficientes correlación		Bland-Altman					
			Media diferencia (%)	SD (%)	Límites intervalo (%)		Intervalo concordancia (%)	R ejes
	R	CCI			Media + 2SD	Media - 2SD		
Varones (n = 62)								
Phantom-Boulier <i>et al.</i>	0,31*	0,44*	27,71	6,03	39,71	15,71	23,99	-0,43**
Phantom-Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup>	0,39**	0,50**	2,59	6,29	15,11	-9,93	25,03	-0,53**
Phantom-Deurenberg <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,42**	0,56**	0,38	5,45	11,23	-10,47	21,69	-0,41**
Phantom-Gray <i>et al.</i>	0,42**	0,52**	3,50	6,39	16,22	-9,22	25,43	-0,56**
Phantom-Holtain	0,39**	0,42*	6,57	9,10	24,68	-11,54	36,22	-0,76**
Phantom-Kushner y Schoeller <sup>1</sup>	0,39**	0,43*	15,27	8,65	32,48	-1,94	34,43	-0,75**
Phantom-Kushner y Schoeller <sup>2</sup>	0,38**	0,46**	10,54	7,31	25,09	-4,02	29,09	-0,64**
Phantom-Kushner <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,39**	0,42*	13,35	9,03	31,32	-4,62	35,94	-0,76**
Phantom-Lohman	0,39**	0,51**	8,36	6,03	20,36	-3,64	23,99	-0,49**
Phantom-Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup>	0,36**	0,45**	4,18	7,08	18,27	-9,91	28,18	-0,60**
Phantom-Lukaski y Bolonchuk <sup>2</sup>	0,36**	0,44*	4,50	7,12	18,67	-9,67	28,34	-0,60**
Phantom-Lukaski <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,39**	0,41*	10,85	9,40	29,56	-7,86	37,42	-0,77**
Phantom-Segal <i>et al.</i>	0,38**	0,48**	5,12	6,53	18,11	-7,88	25,99	-0,55**
Phantom-Van Loan <i>et al.</i> <sup>1</sup>	0,39**	0,51**	12,89	6,08	24,99	0,79	24,19	-0,49**
Phantom-Van Loan <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,39**	0,50**	9,18	6,44	21,99	-3,64	25,63	-0,54**

Tabla 3.33. Comparación del porcentaje de grasa entre el modelo antropométrico Phantom y ecuaciones de bioimpedancia en varones: coeficiente de correlación de Pearson (R), coeficiente de correlación intraclass (CCI) y Bland-Altman. \*\* Significativo  $P < 0,01$ ; \*Significativo  $P < 0,05$ .

Porcentaje grasa	Coeficientes correlación		Bland-Altman					
			Media diferencia (%)	SD (%)	Límites intervalo (%)		Intervalo concordancia (%)	R
	R	CCI			Media + 2SD	Media - 2SD		
Mujeres (n = 198)								
Phantom-Boulier <i>et al.</i>	0,56**	0,59**	21,24	5,13	31,50	10,98	20,52	-0,64**
Phantom-Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup>	0,54**	0,62**	-0,78	4,85	8,87	-10,43	19,30	-0,64**
Phantom-Deurenberg <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,52**	0,63**	-2,35	4,25	6,11	-10,81	16,92	-0,51**
Phantom-Gray <i>et al.</i>	0,56**	0,53**	7,06	6,83	20,65	-6,53	27,18	-0,80**
Phantom-Holtain	0,53**	0,48**	3,88	7,81	19,42	-11,66	31,08	-0,83**
Phantom-Kushner y Schoeller <sup>1</sup>	0,53**	0,49**	12,88	7,39	27,59	-1,83	29,41	-0,82**
Phantom-Kushner y Schoeller <sup>2</sup>	0,56**	0,56**	6,04	6,19	18,36	-6,27	24,64	-0,77**
Phantom-Kushner <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,53**	0,48**	9,66	7,68	24,94	-5,62	30,57	-0,82**
Phantom-Lohman	0,55**	0,62**	4,73	4,86	14,40	-4,94	19,34	-0,63**
Phantom-Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup>	0,56**	0,59**	0,23	5,63	11,43	-10,97	22,41	-0,72**
Phantom-Lukaski y Bolonchuk <sup>2</sup>	0,55**	0,58**	0,67	5,73	12,07	-10,73	22,81	-0,73**
Phantom-Lukaski <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,49**	0,47**	9,98	8,24	26,38	-6,42	32,80	-0,85**
Phantom-Segal <i>et al.</i>	0,54**	0,62**	-1,47	4,91	8,30	-11,24	19,54	-0,64**
Phantom-Van Loan <i>et al.</i> <sup>1</sup>	0,53**	0,61**	10,46	4,83	20,07	0,84	19,22	-0,62**
Phantom-Van Loan <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,54**	0,59**	7,73	5,23	18,14	-2,68	20,82	-0,67**

Tabla 3.34. Comparación del porcentaje de grasa entre el modelo antropométrico Phantom y ecuaciones de bioimpedancia en mujeres: coeficiente de correlación de Pearson (R), coeficiente de correlación intraclase (CCI) y Bland-Altman. \*\* Significativo  $P < 0,01$ ; \* Significativo  $P < 0,05$ .

Las representaciones gráficas permiten profundizar aun más en el análisis, (figuras de 3.13 a 3.27), las correlaciones significativas entre las variables de los ejes indican que las diferencias entre las ecuaciones no se deben al azar, mostrando de manera simplificada dos patrones de distribución:

1- Mayor concordancia para valores de grasa intermedios, es decir, la diferencia del porcentaje de grasa entre ambos métodos se sitúa en torno a cero para esas puntuaciones, esto sucede en: Deurenberg *et al.*<sup>1-2</sup>, Holtain, Lukaski y Bolonchuk<sup>1-2</sup> y Segal *et al.* En los casos en los que hay menos concordancia el porcentaje de grasa obtenido por Phantom es mayor si los valores de grasa son bajos, por eso sale la diferencia positiva, mientras que para valores altos las diferencias son negativas, es decir, con Phantom se obtiene menos porcentaje de grasa que con bioimpedancia. Hay que tener en cuenta que se ha representado la grasa resultante por Phantom menos la hallada por bioimpedancia.

2- Mayor concordancia a medida que los valores de grasa aumentan, siendo para la mayoría de los casos más altos los valores obtenidos por Phantom que con los métodos de bioimpedancia (la diferencia es positiva), esto ocurre en: Boulier *et al.*, Gray *et al.*, Kushner y Schoeller<sup>1-2</sup>, Kushner *et al.*<sup>3</sup>, Lohman, Lukaski *et al.*<sup>3</sup> y Van Loan<sup>1-2</sup>. Cuando el sujeto de estudio tiene un porcentaje elevado de grasa las diferencias se acercan a cero, menos en Boulier *et al.* donde siguen siendo altas a cualquier valor, o pueden aparecer pequeñas discrepancias negativas en las diferencias entre los porcentajes de grasa indicativos de que en alguna ocasión con Phantom se ha obtenido menor porcentaje que al usar bioimpedancia.

Hay que destacar que las gráficas permiten concretar la comparación, ya que por ejemplo la media de la diferencia en mujeres entre Phantom y Deurenberg *et al.*<sup>1-2</sup> es negativa, -0,78% y -2,35% para la ecuación 1 y 2 respectivamente, lo que indica que de media se obtiene un valor menor de grasa con Phantom. La media del porcentaje de grasa como es de esperar corrobora lo mismo (tablas 3.18 y 3.23), sale inferior en Phantom, en concreto, 17,65% frente a 18,61% y 20,17% respectivamente con las dos expresiones de Deurenberg *et al.*, se concluiría pues que con estas ecuaciones de bioimpedancia se suele obtener más que con Phantom. Sin embargo hay que considerar que los citados valores son puntuaciones medias y de las figuras se extrae que esto último es cierto sólo en ocasiones, y que claramente hay dos pautas: para valores de grasa bajos mediante Phantom se obtiene un valor mayor (diferencias positivas), mientras que en individuos con una alta cantidad de grasa el resultado con Phantom es menor (diferencias negativas).

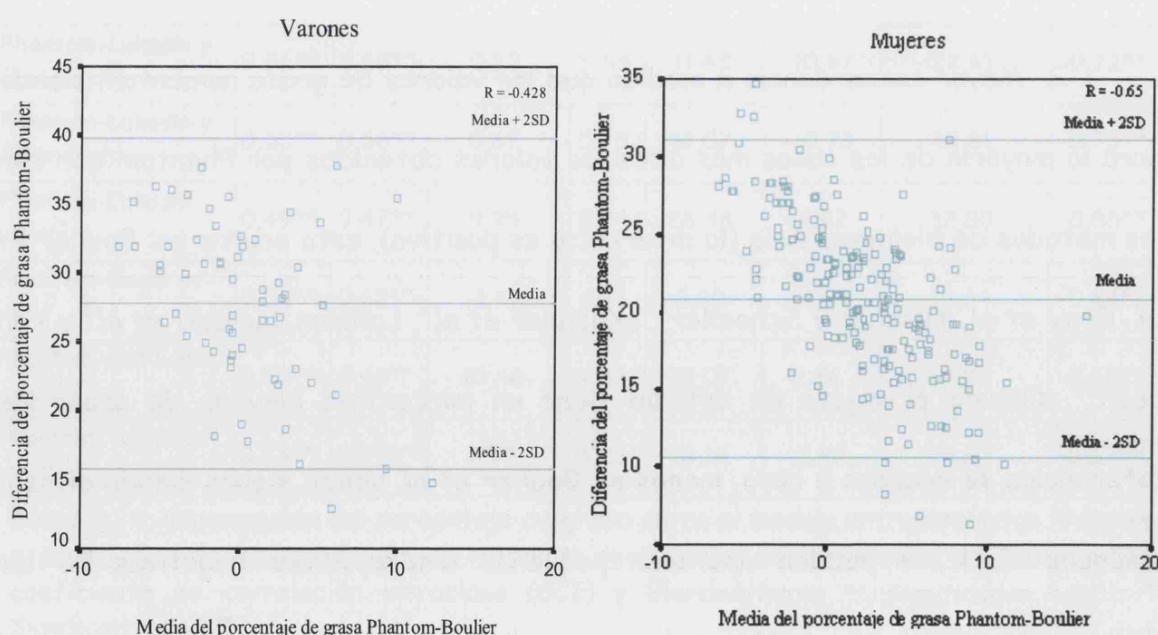


Figura 3.13. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Phantom-Boulter *et al.*

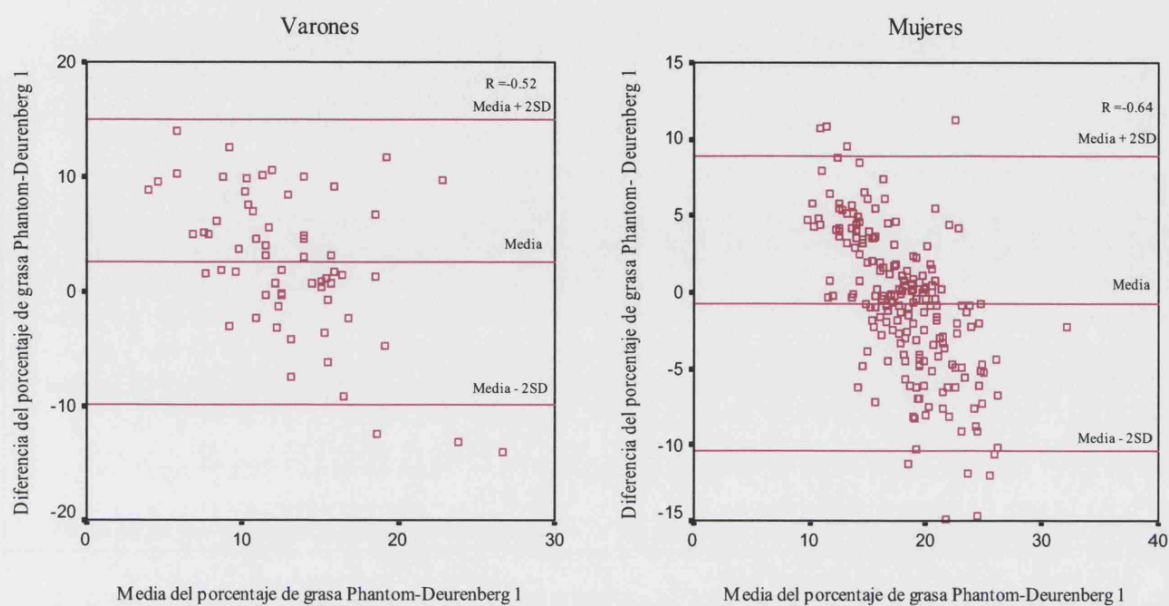


Figura 3.14. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Phantom-Deurenberg *et al.*<sup>1</sup>

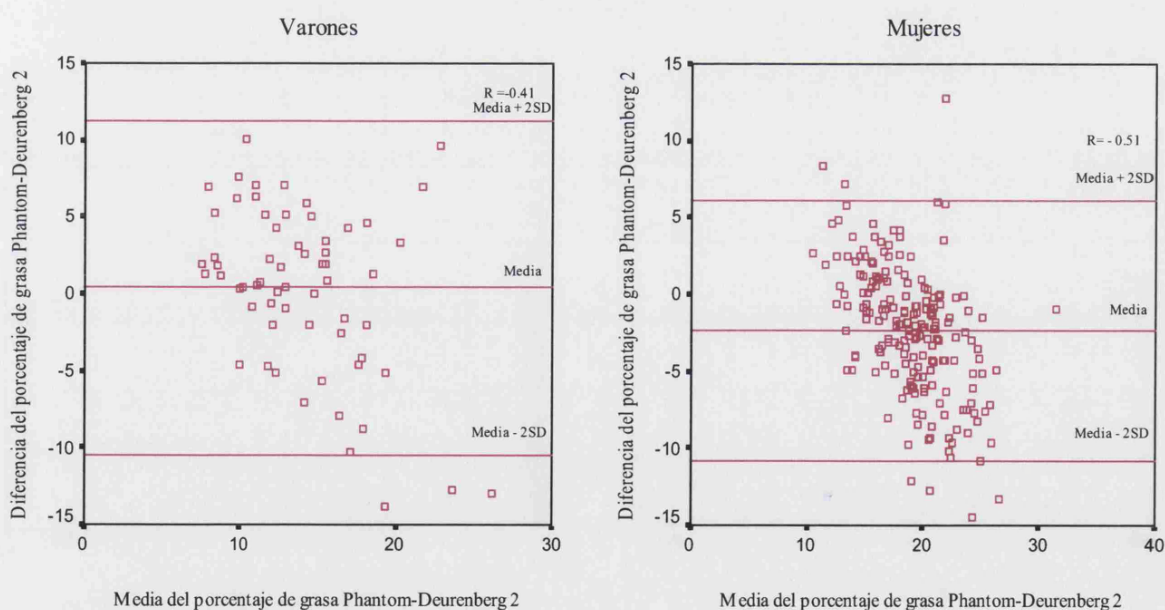


Figura 3.15. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Phantom-Deurenberg *et al.*<sup>2</sup>

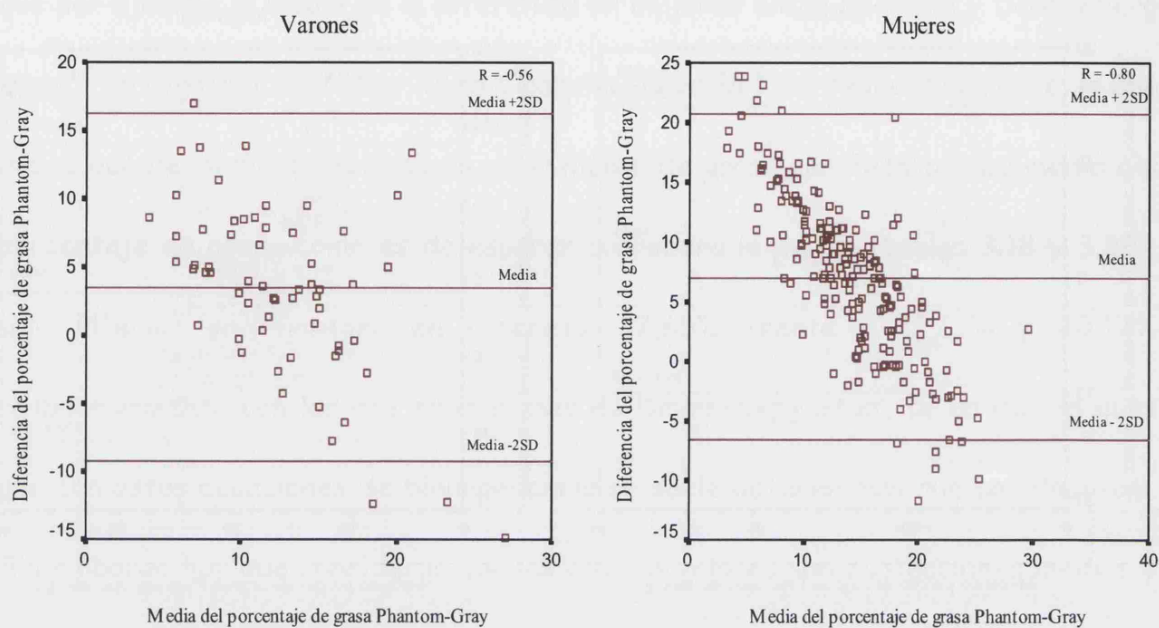


Figura 3.16. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Phantom-Gray *et al.*

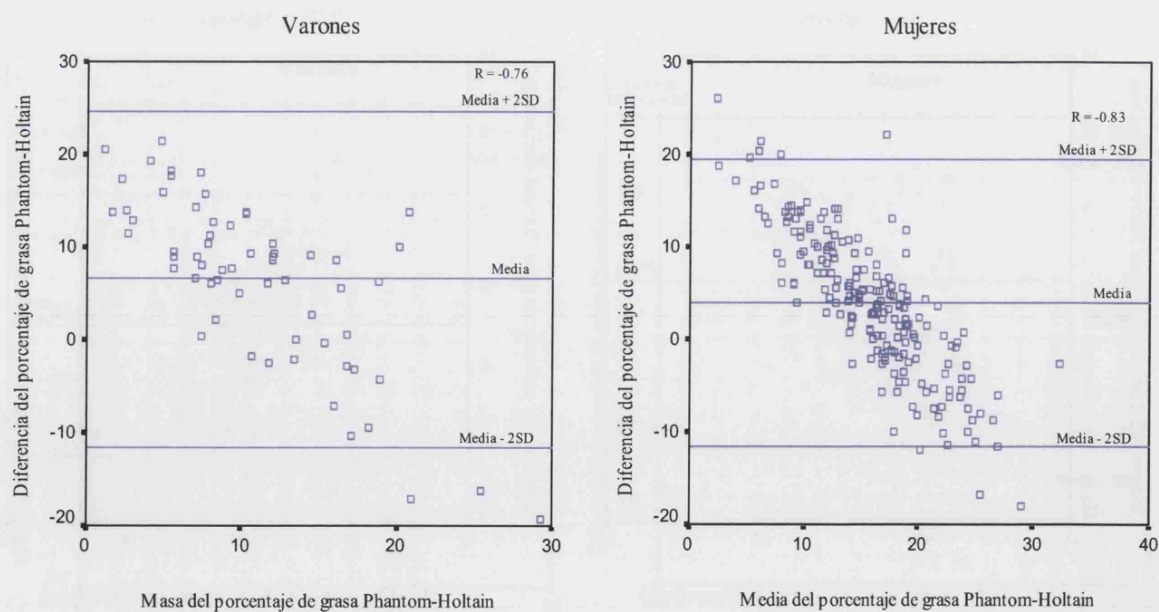


Figura 3.17. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Phantom-Holtain.



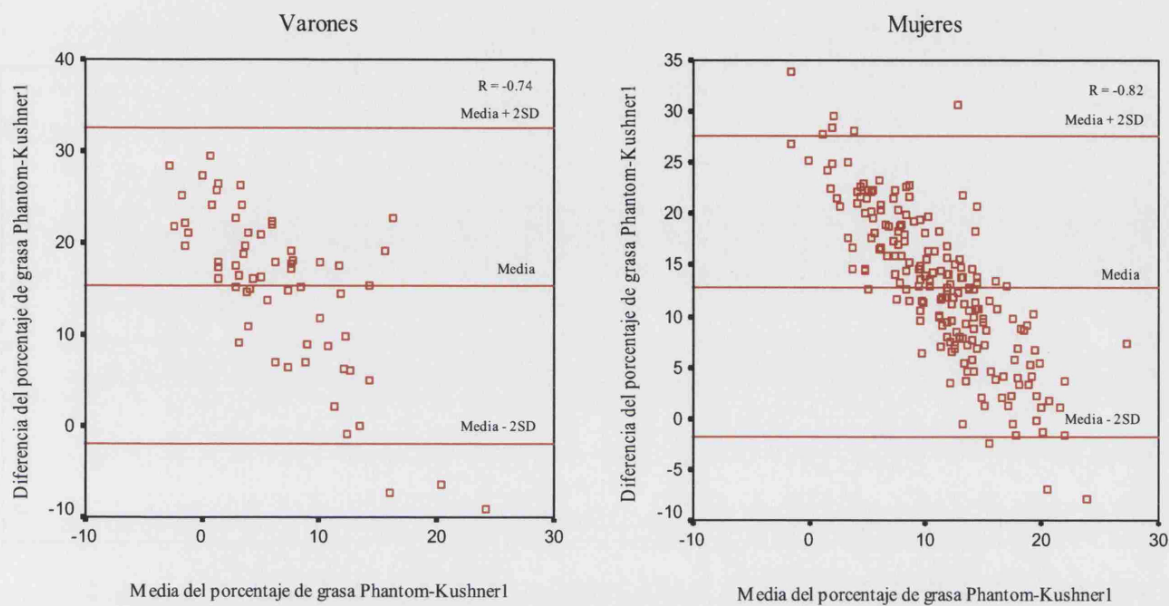


Figura 3.18. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Phantom-Kushner y Schoeller<sup>1</sup>.

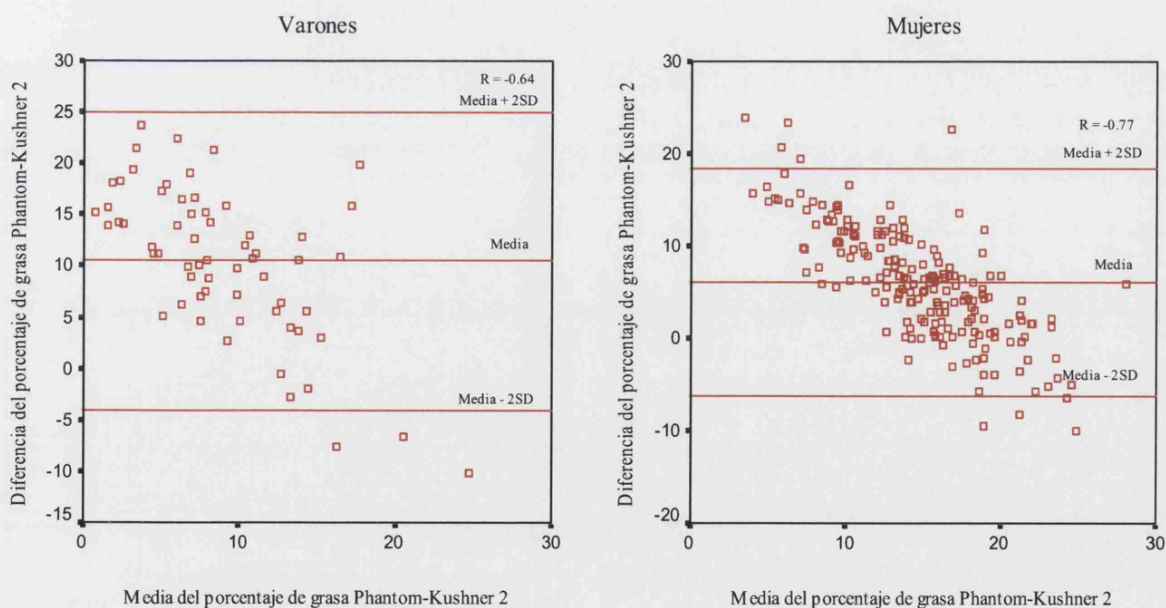


Figura 3.19. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Phantom-Kushner y Schoeller<sup>2</sup>.

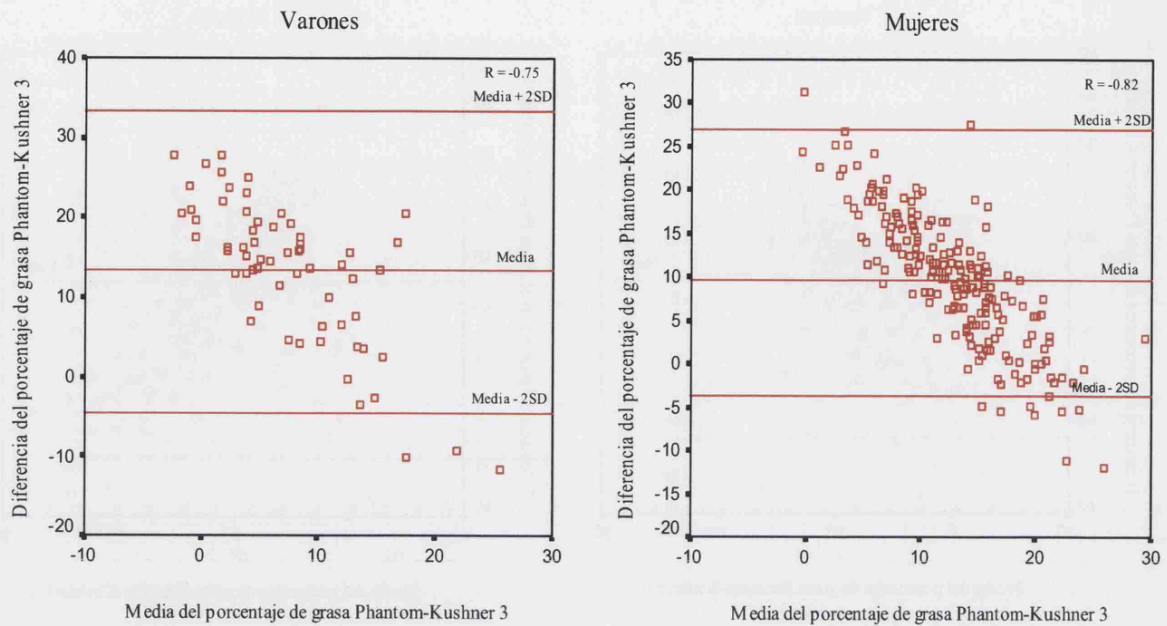


Figura 3.20. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Phantom-Kushner y Schoeller<sup>3</sup>.

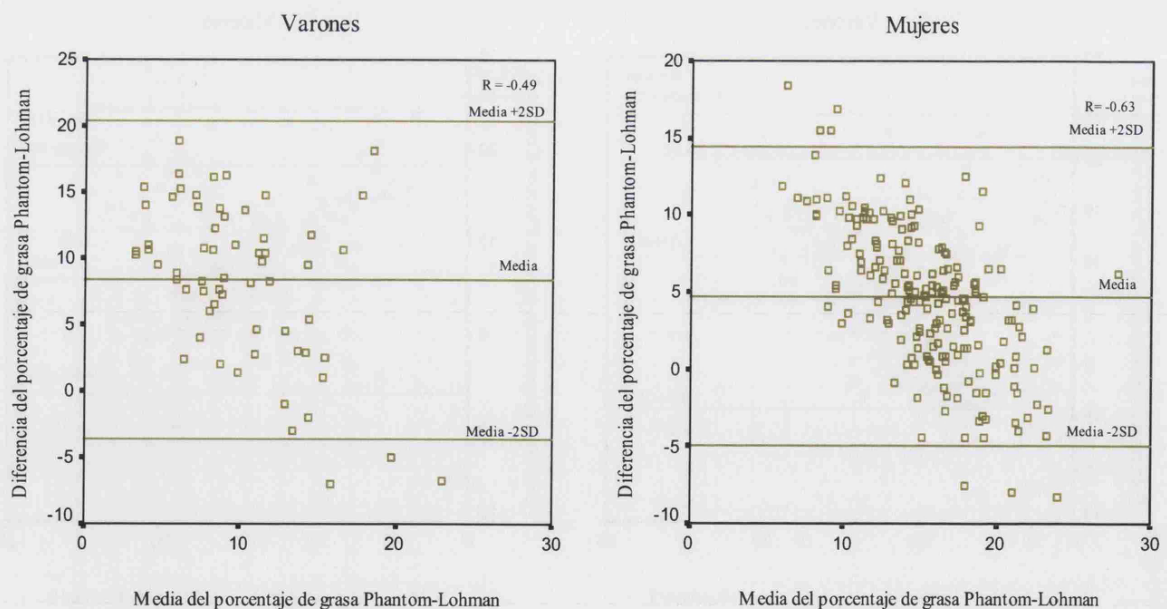


Figura 3.21. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Phantom-Lohman.



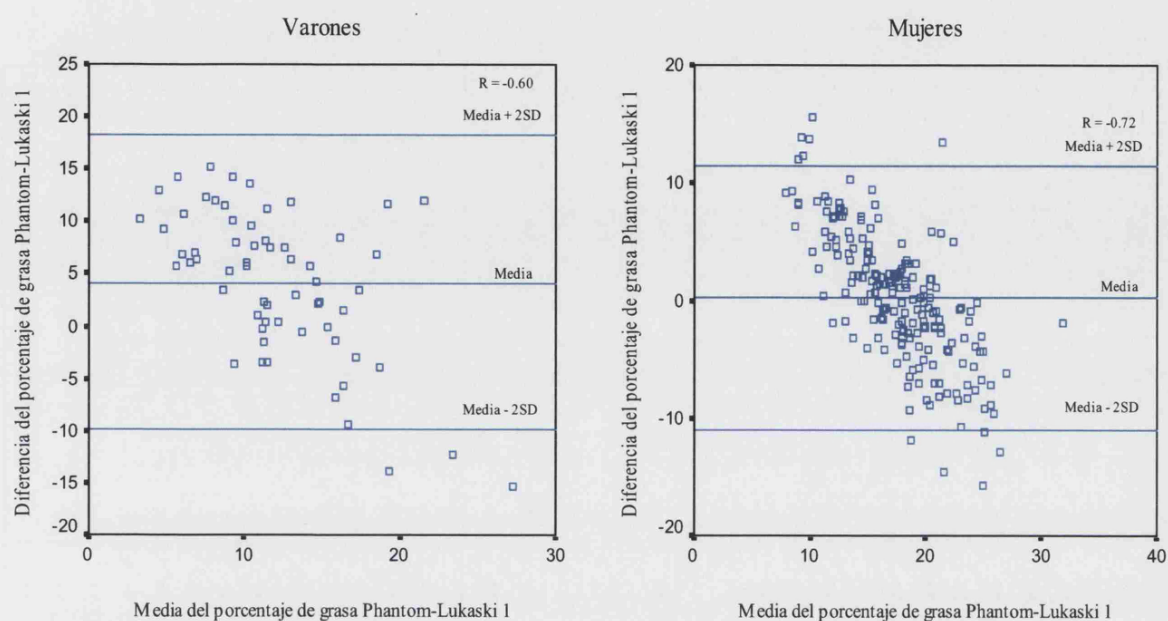


Figura 3.22. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Phantom-Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup>.

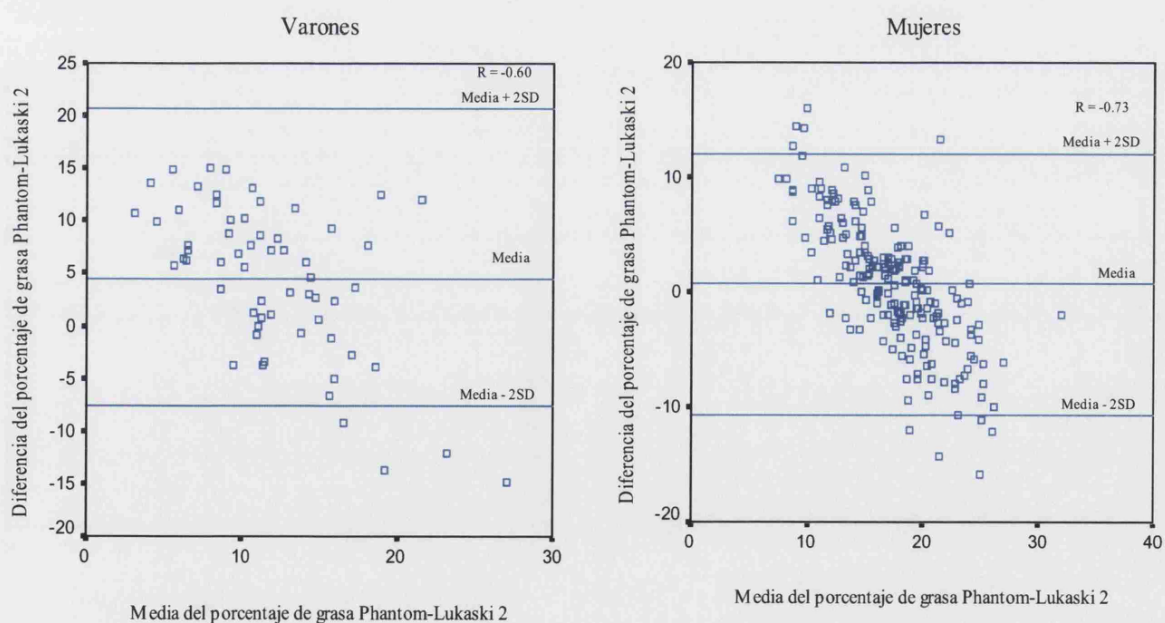


Figura 3.23. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Phantom-Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup>.

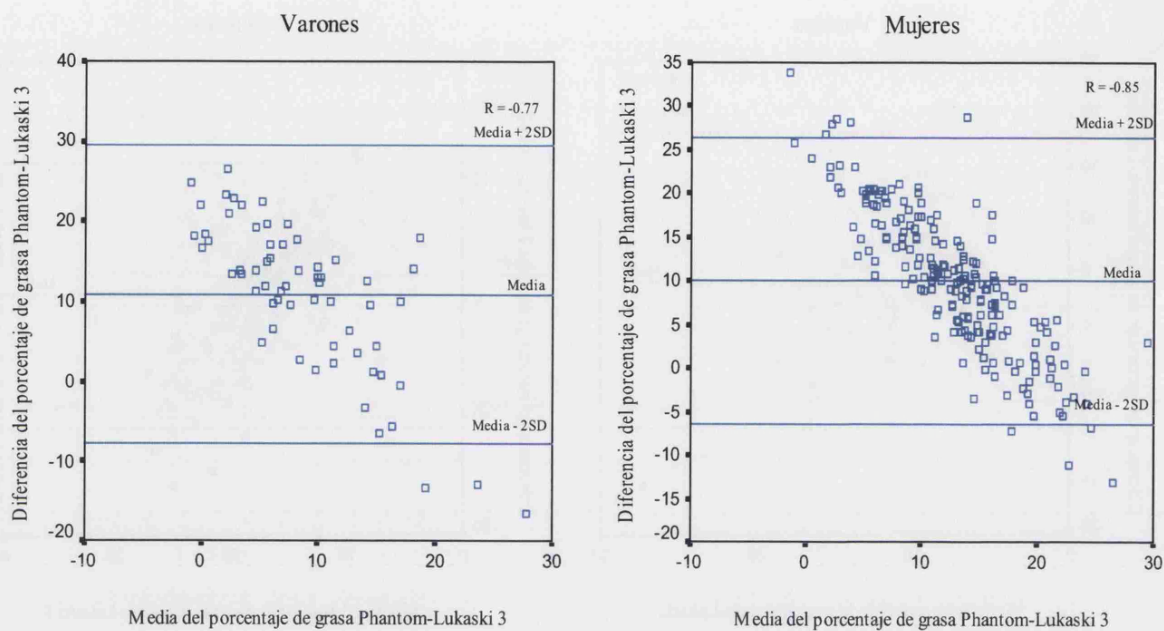


Figura 3.24. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Phantom-Lukaski *et al.*<sup>3</sup>

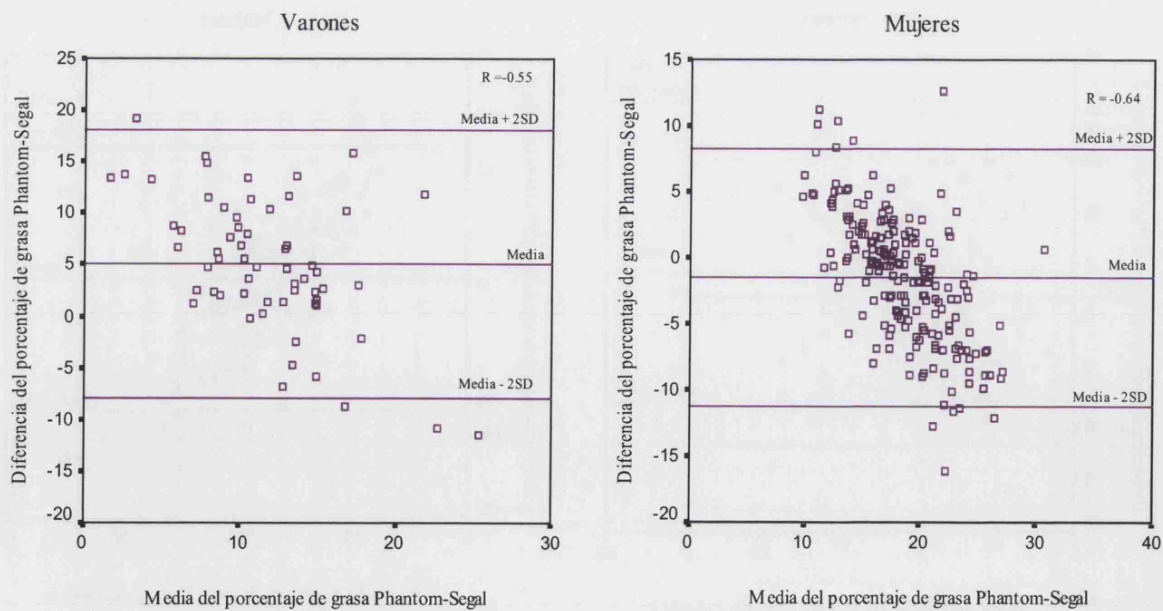


Figura 3.25. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Phantom-Segal *et al.*

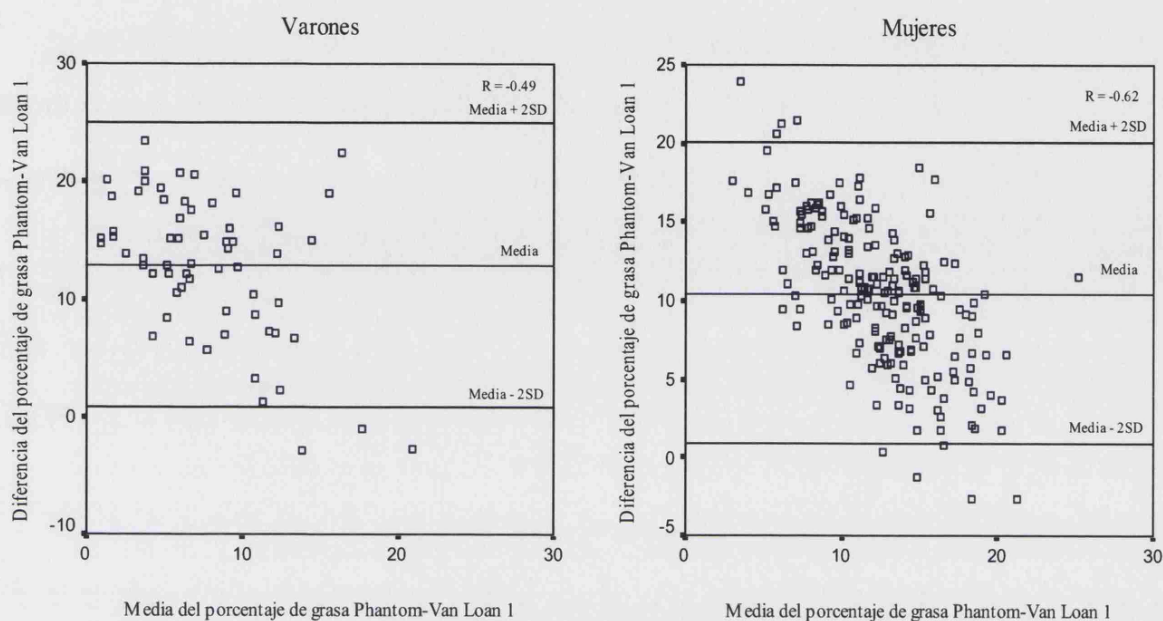


Figura 3.26. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Phantom-Van Loan *et al.*<sup>1</sup>

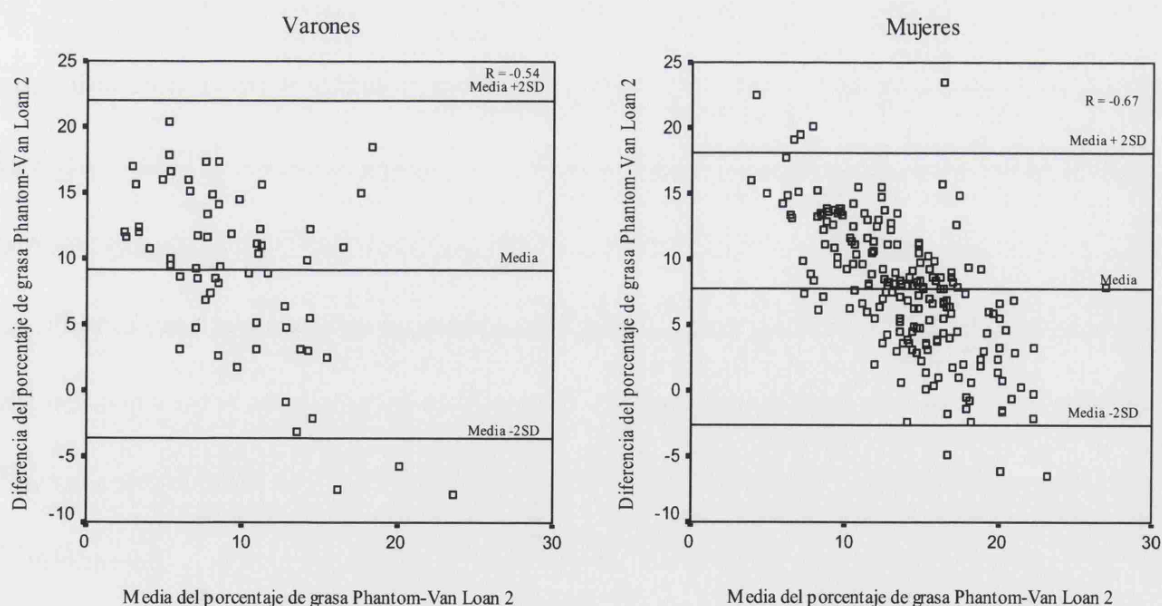


Figura 3.27. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Phantom-Van Loan *et al.*<sup>2</sup>

### 3.4.1.2. Durnin y Womersley con Siri-Bioimpedancia

En las tablas 3.35 y 3.36 se recogen los coeficientes de correlación entre los porcentajes de grasa obtenidos por Durnin y Womersley (1974), aplicando Siri (1961), y las ecuaciones de bioimpedancia. Las puntuaciones se sitúan en varones y mujeres respectivamente entre: 0,42-0,56 y 0,55-0,76 con Pearson (R) y algo superiores con el coeficiente intraclass (CCI), en concreto, entre el intervalo 0,49-0,67 y 0,53-0,83; en ambos casos en el sexo femenino se alcanzan los valores más altos. Las ecuaciones en las que los dos coeficientes son más elevados se corresponden con las de Segal *et al.* y Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> en varones, mientras que en mujeres claramente es la de Segal *et al.*, habiendo puntuaciones similares entre la mayoría de las restantes.

La serie masculina presenta unas medias de las diferencias para el porcentaje de grasa, resultantes al aplicar el método Bland y Altman, que se ubican en el rango 3,69%-31,02% y los intervalos de concordancia se establecen entre el 20,78%-36,27%. En la serie femenina tales parámetros son respectivamente 6,31%-29,88% y 15,32%-30,04%, cabe señalar, que en este caso aunque la media es superior al presentar ésta menor desviación resultan menores los intervalos. En los varones las medias más bajas se obtienen al comparar Siri con Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (3,69%), Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (5,90%), Gray *et al.* (6,81%) y Lukaski y Bolonchuk<sup>1-2</sup> (7,50% y 7,82%).

Por su parte en las mujeres esto sucede con Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (6,31%), Segal *et al.* (7,18%), Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (7,88%) y Lukaski y Bolonchuk<sup>1-2</sup> (8,88% y

9,32%). El intervalo más bajo es de 20,78% en varones y de 15,32% en mujeres, los citados valores se corresponden con las ecuaciones de Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> y Segal *et al.* respectivamente.

En cuanto a los dos límites de dicho intervalo siempre se sitúan (al menos alguno de ellos) fuera del rango  $\pm 10\%$ , el cual ha sido propuesto como criterio de buena concordancia (SEEDO, 1995; Lean *et al.*, 1996; Martín *et al.*, 2001). Anteriormente en la comparación con Phantom también se ha constatado esta situación, pero hay que señalar que para las ecuaciones de Durnin y Womersley los límites se alejan mucho más del citado intervalo  $\pm 10\%$ , indicativo de la existencia de peor concordancia entre esta expresión antropométrica y la técnica de bioimpedancia.

Porcentaje grasa	Coeficientes correlación		Bland-Altman					
	R	CCI	Media diferencia (%)	SD (%)	Límites intervalo (%)		Intervalo concordancia (%)	R ejes
					Media + 2SD	Media - 2SD		
Varones (n = 62)								
Siri-Boulier <i>et al.</i>	0,42**	0,57**	31,02	5,71	42,39	19,65	22,74	-0,35**
Siri-Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup>	0,55**	0,66**	5,90	5,64	17,12	-5,31	22,43	-0,47**
Siri-Deurenberg <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,49**	0,65**	3,69	5,22	14,08	-6,70	20,78	-0,33**
Siri-Gray <i>et al.</i>	0,53**	0,64**	6,81	5,94	18,63	-5,00	23,63	-0,50**
Siri-Holtain	0,45**	0,49**	9,89	8,85	27,50	-7,72	35,22	-0,72**
Siri-Kushner y Schoeller <sup>1</sup>	0,45**	0,51**	18,58	8,41	35,33	1,84	33,48	-0,69**
Siri-Kushner y Schoeller <sup>2</sup>	0,48**	0,57**	13,86	6,93	27,65	0,06	27,59	-0,59**
Siri-Kusnher <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,44**	0,49**	16,67	8,82	34,22	-0,89	35,11	-0,71**
Siri-Lohman	0,46**	0,50**	11,68	5,81	23,23	0,12	23,11	-0,41**
Siri-Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup>	0,47**	0,58**	7,50	6,66	20,74	-5,75	26,49	-0,55**
Siri-Lukaski y Bolonchuk <sup>2</sup>	0,46**	0,57**	7,82	6,70	21,15	-5,52	26,67	-0,52**
Siri-Lukaski <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,45**	0,49**	14,16	9,11	32,30	-3,97	36,27	-0,74**
Siri-Segal <i>et al.</i>	0,56**	0,67**	8,44	5,71	19,80	-2,93	22,73	-0,51**
Siri-Van Loan <i>et al.</i> <sup>1</sup>	0,46**	0,60**	16,20	5,86	27,86	4,54	23,33	-0,42**
Siri-Van Loan <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,46**	0,59**	12,50	6,19	24,82	0,18	24,64	-0,48**

Tabla 3.35. Comparación del porcentaje de grasa entre la expresión antropométrica de Durnin y Womersley-Siri y ecuaciones de bioimpedancia en varones: coeficiente de correlación de Pearson (R), coeficiente de correlación intraclase (CCI) y Bland-Altman. \*\* Significativo  $P < 0,01$ ; \* Significativo  $P < 0,05$ .

Porcentaje grasa	Coeficientes correlación		Bland-Altman					
	R	CCI	Media diferencia (%)	SD (%)	Límites intervalo (%)		Intervalo concordancia (%)	R ejes
					Media + 2SD	Media - 2SD		
Mujeres (n = 198)								
Siri-Boulter <i>et al.</i>	0,55**	0,68**	29,88	5,41	40,70	19,06	21,64	-0,40**
Siri-Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup>	0,65**	0,75**	7,88	4,47	16,77	-1,01	17,79	-0,40**
Siri-Deurenberg <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,62**	0,76**	6,31	4,04	14,34	-1,72	16,07	-0,20**
Siri-Gray <i>et al.</i>	0,71**	0,73**	15,71	5,85	27,35	4,06	23,28	-0,70**
Siri-Holtain	0,61**	0,63**	12,54	7,22	26,90	-1,82	28,73	-0,72**
Siri-Kushner y Schoeller <sup>1</sup>	0,61**	0,65**	21,54	6,83	35,13	7,94	27,18	-0,69**
Siri-Kushner y Schoeller <sup>2</sup>	0,70**	0,75**	14,70	5,35	25,34	4,05	21,29	-0,64**
Siri-Kushner <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,58**	0,62**	18,32	7,19	32,62	4,01	28,61	-0,69**
Siri-Lohman	0,66**	0,77**	13,38	4,37	22,07	4,68	17,39	-0,40**
Siri-Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup>	0,63**	0,72**	8,88	5,34	19,50	-1,74	21,25	-0,53**
Siri-Lukaski y Bolonchuk <sup>2</sup>	0,61**	0,70**	9,32	5,41	20,08	-1,44	21,53	-0,53**
Siri-Lukaski <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,63**	0,53**	18,64	7,55	33,66	3,61	30,04	-0,75**
Siri-Segal <i>et al.</i>	0,76**	0,83**	7,18	3,85	14,84	-0,48	15,32	-0,47**
Siri-Van Loan <i>et al.</i> <sup>1</sup>	0,63**	0,75**	19,11	4,48	28,02	10,19	17,83	-0,37**
Siri-Van Loan <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,64**	0,74**	16,38	4,76	25,85	6,90	18,94	-0,46**

Tabla 3.36. Comparación del porcentaje de grasa entre la expresión antropométrica de Durnin y Womersley-Siri y ecuaciones de bioimpedancia en mujeres: coeficiente de correlación de Pearson (R), coeficiente de correlación intraclase (CCI) y Bland-Altman. \*\* Significativo  $P < 0,01$ ; \* Significativo  $P < 0,05$ .



Las figuras resultantes al aplicar el procedimiento gráfico Bland-Altman (de 3.28 a 3.42) muestran correlaciones significativas entre las variables de los ejes, lo que indica que las diferencias no se deben al azar, en concreto en todas ellas hay un mismo patrón de distribución:

- Mayor concordancia a medida que los valores de grasa aumentan, situándose las diferencias para los porcentajes muy elevados de grasa, en muchos de los casos, en torno al cero, es decir, se obtiene el mismo resultado al emplear ambas ecuaciones. Hay que destacar que en la comparativa con la expresión de Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> es donde las correlaciones son mas bajas, y de hecho las diferencias no siguen claramente una recta sino que se acercan más a una nube de puntos.

En todas ellas las diferencias son casi siempre positivas, y teniendo en cuenta que se ha representado: "porcentaje de grasa Durnin y Womersley-Siri" menos "porcentaje de grasa ecuación de bioimpedancia" son indicativos de que los valores por esta ecuación de antropometría son superiores a los que resultan de aplicar bioimpedancia.



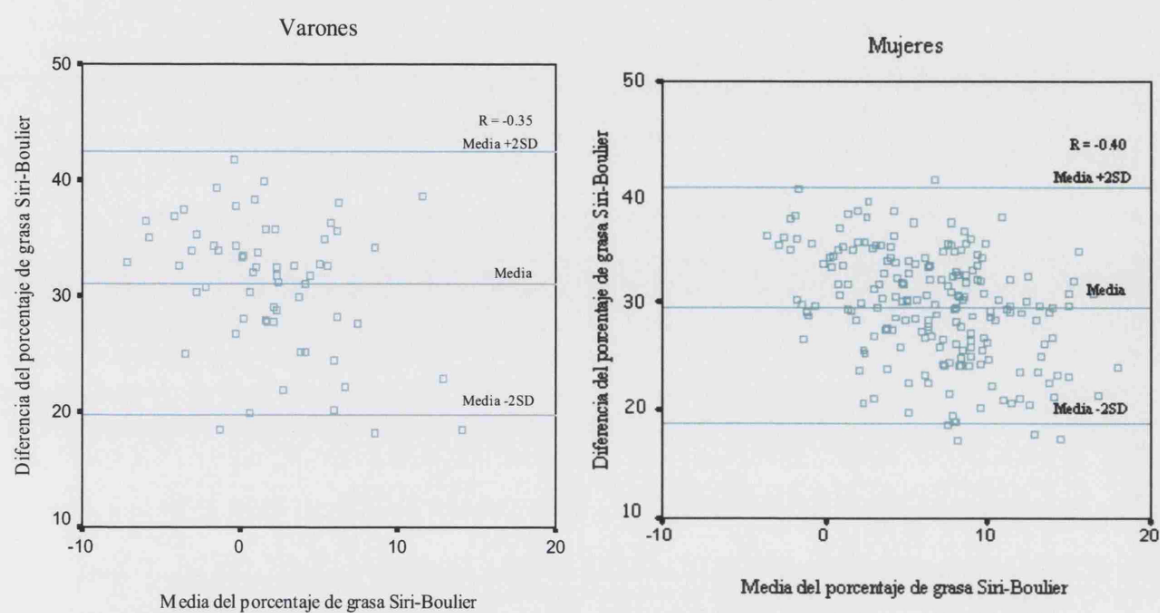


Figura 3.28. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Durnin y Womersley, Siri - Boulter *et al.*

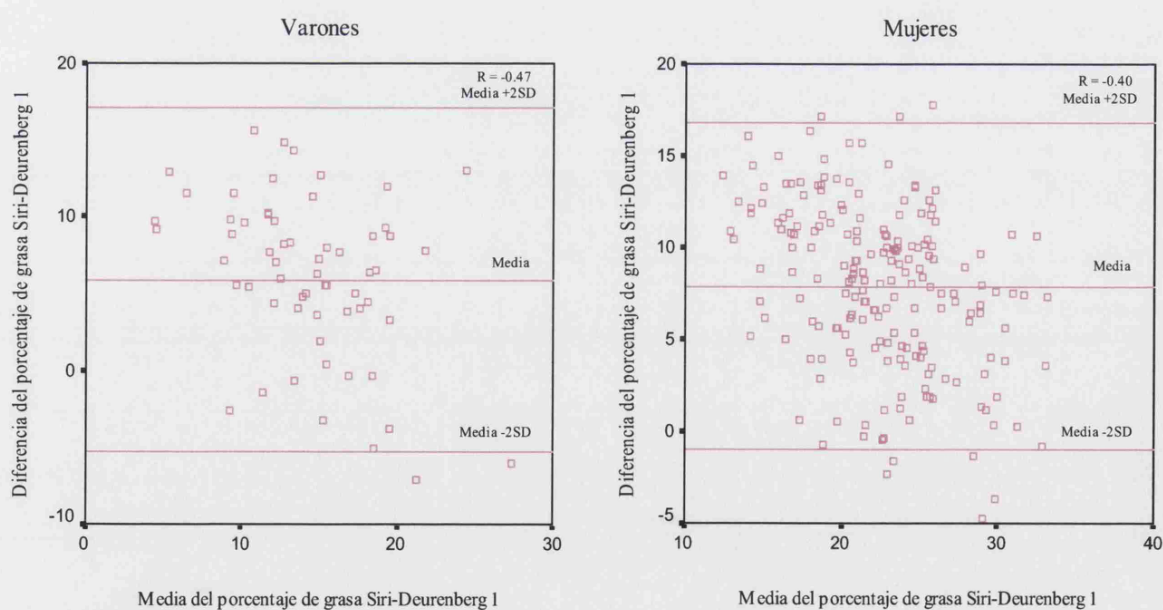


Figura 3.29. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Durnin y Womersley, Siri - Deurenberg *et al.*<sup>1</sup>

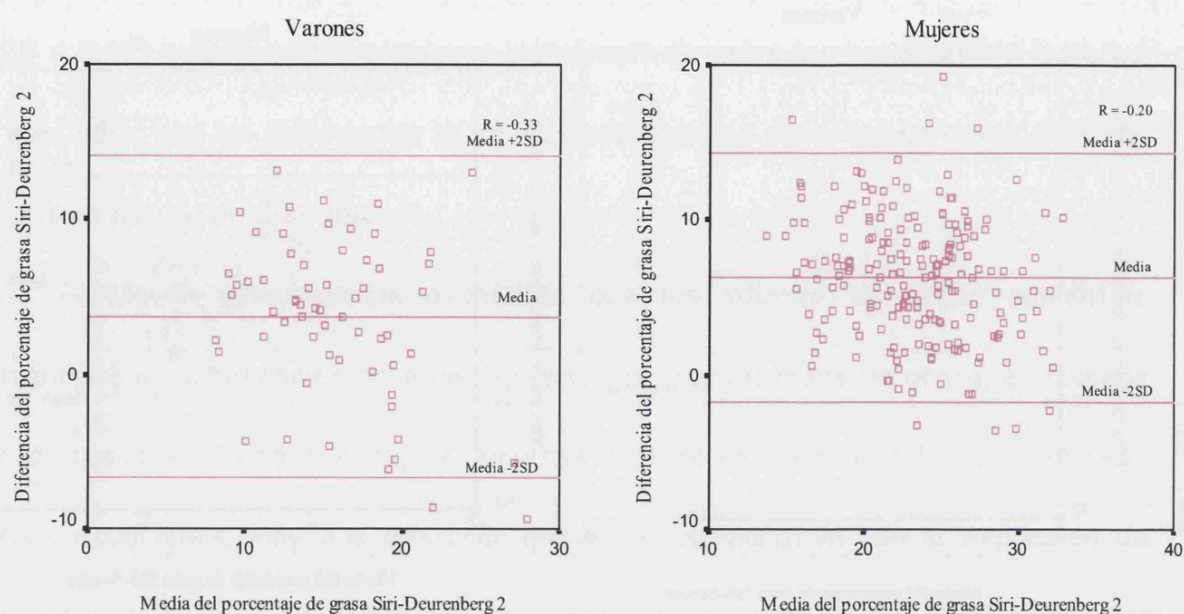


Figura 3.30. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Durnin y Womersley, Siri - Deurenberg *et al.*<sup>2</sup>

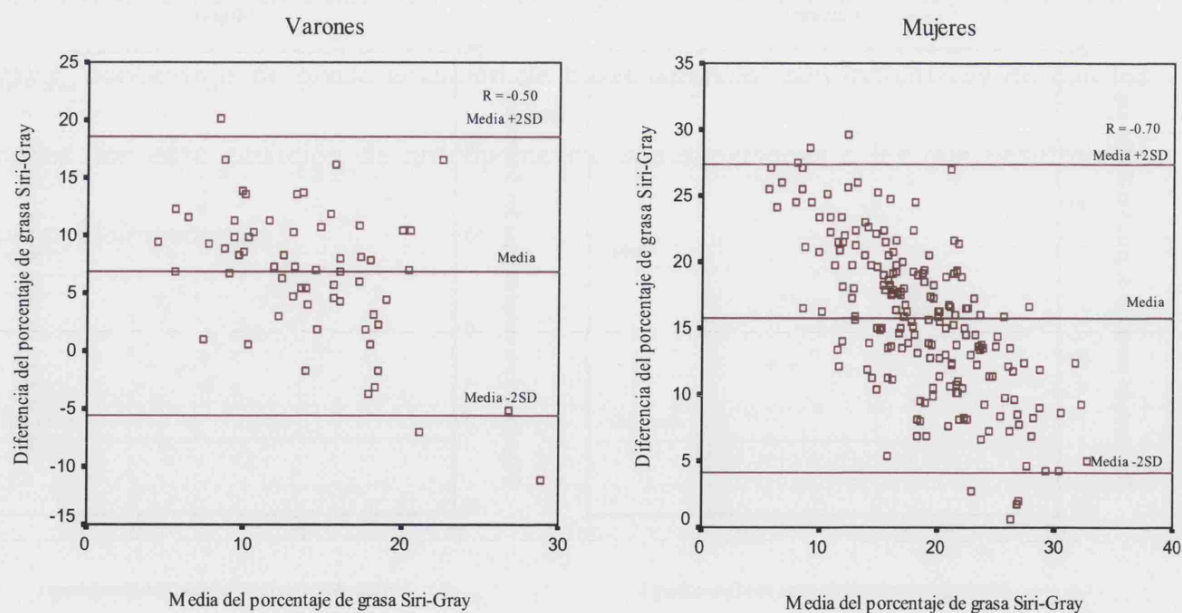


Figura 3.31. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Durnin y Womersley, Siri - Gray *et al.*

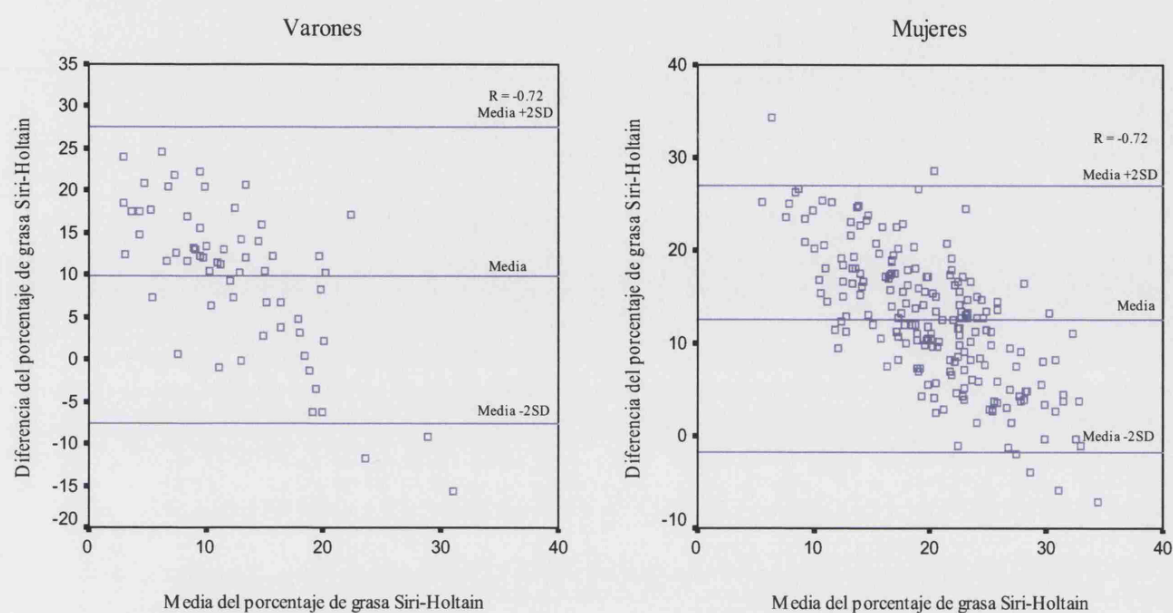


Figura 3.32. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Durnin y Womersley, Siri - Holtain.

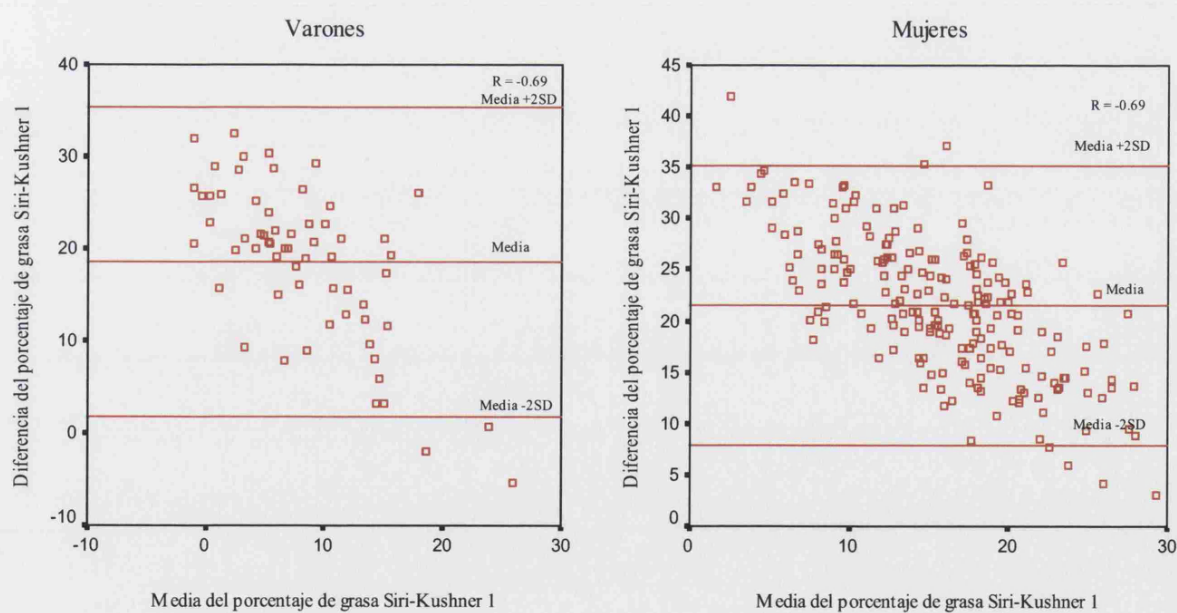


Figura 3.33. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Durnin y Womersley, Siri - Kushner y Schoeller<sup>1</sup>.

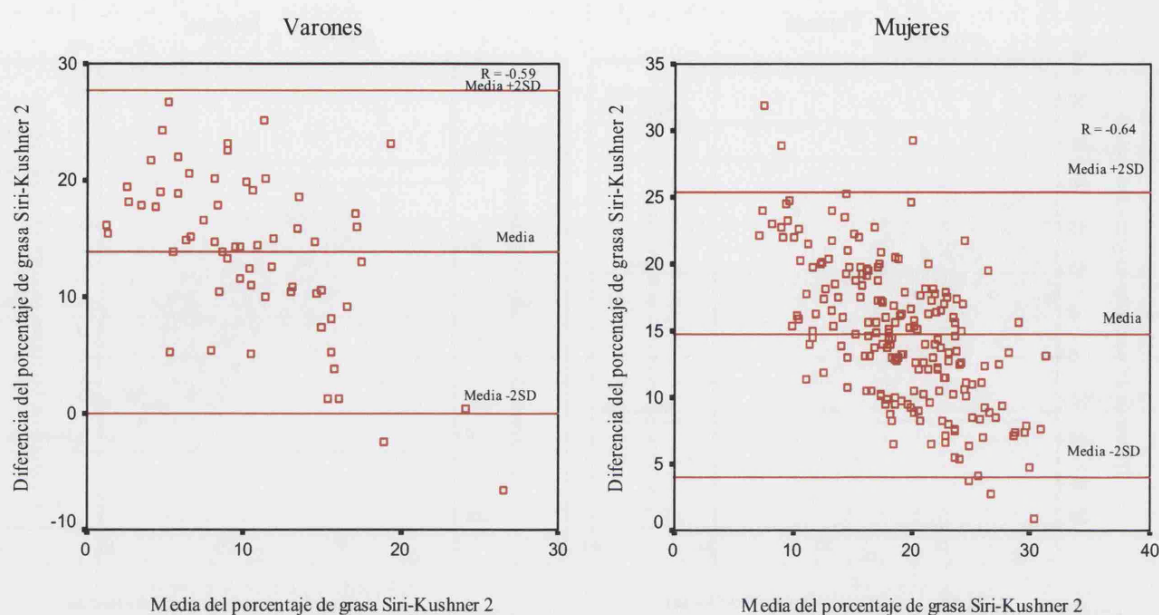


Figura 3.34. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Durnin y Womersley, Siri - Kushner y Schoeller<sup>2</sup>.

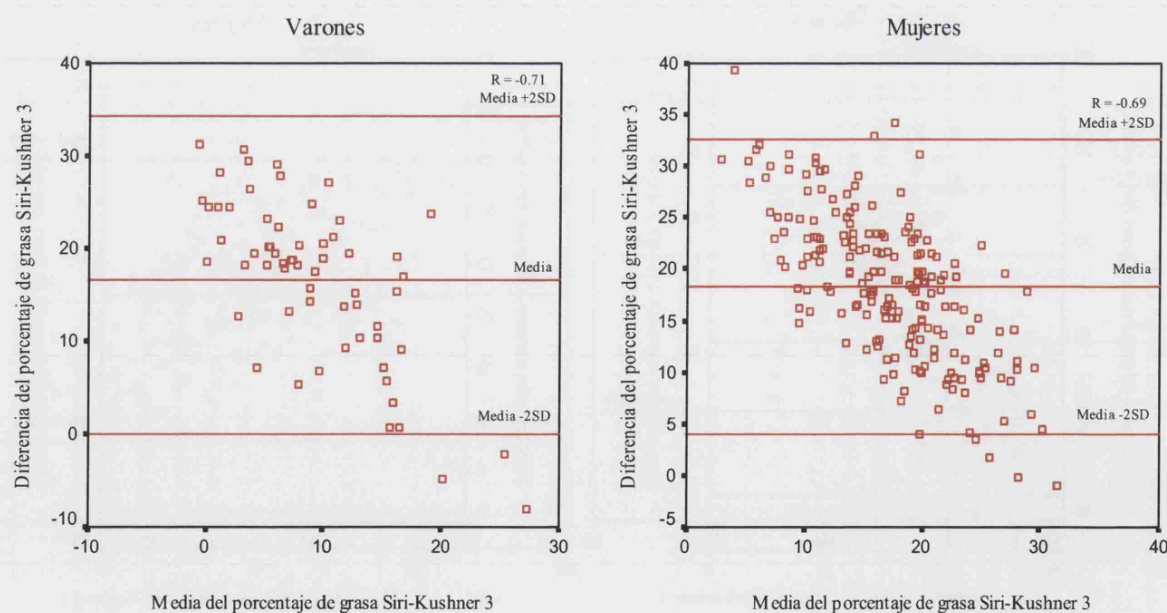


Figura 3.35. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Durnin y Womersley, Siri - Kushner *et al.*<sup>3</sup>



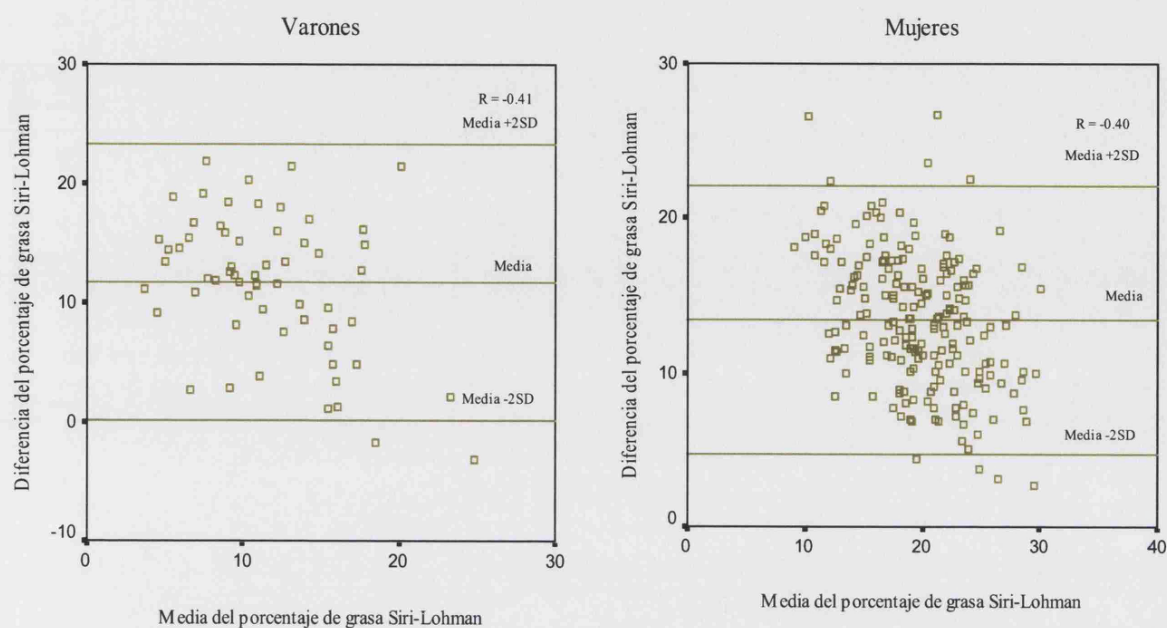


Figura 3.36. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Durnin y Womersley, Siri - Lohman.

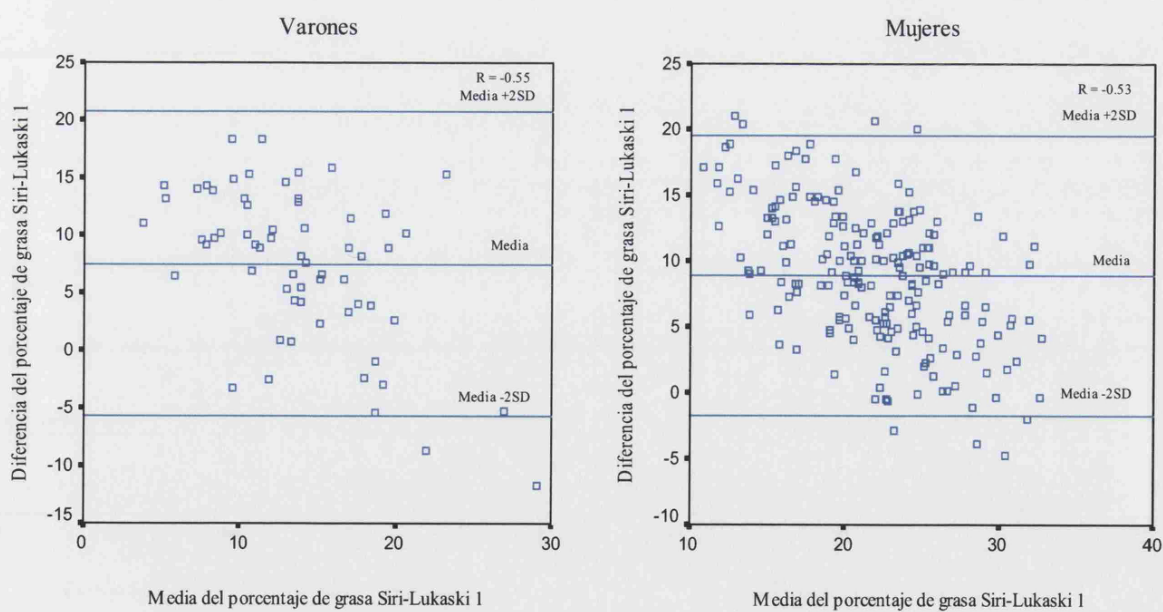


Figura 3.37. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Durnin y Womersley, Siri - Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup>.

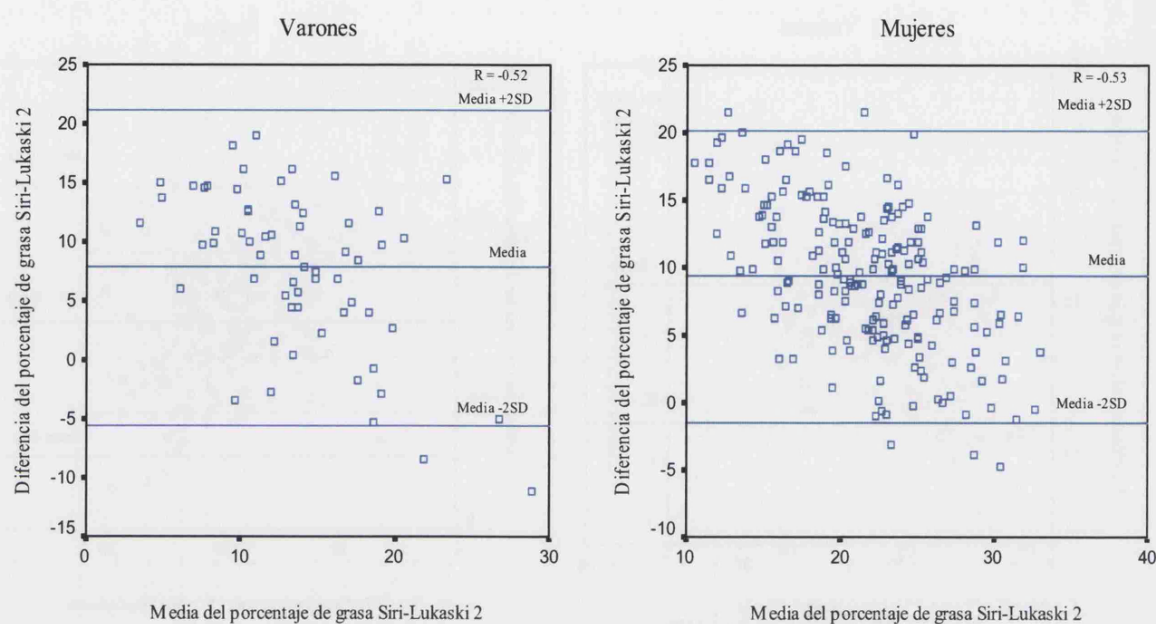


Figura 3.38. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Durnin y Womersley, Siri - Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup>.

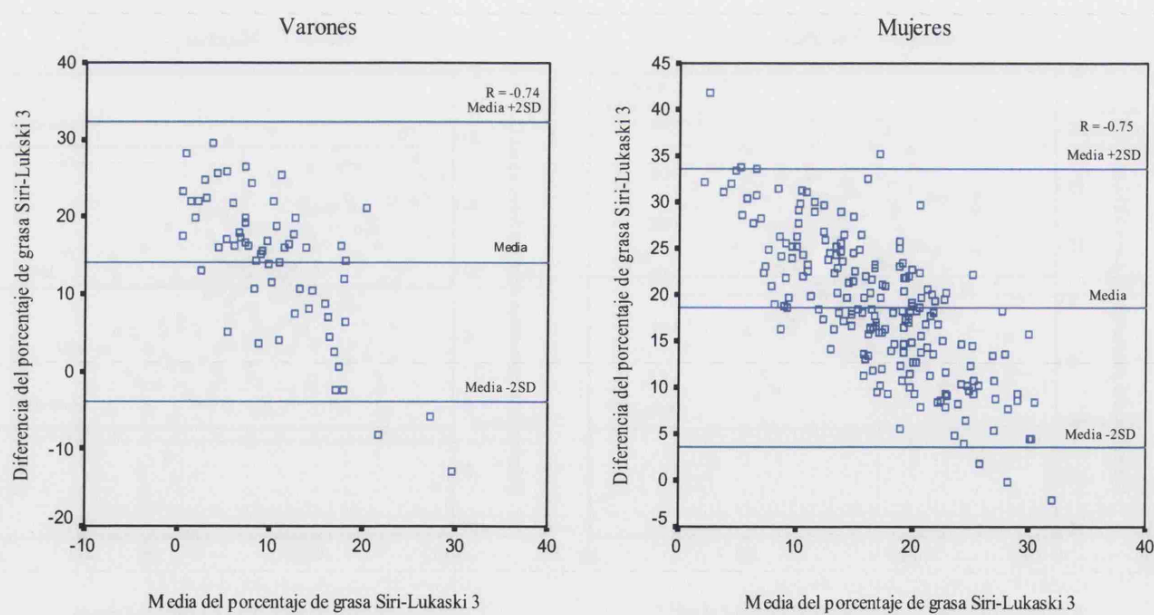


Figura 3.39. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Durnin y Womersley, Siri - Lukaski *et al.*<sup>3</sup>

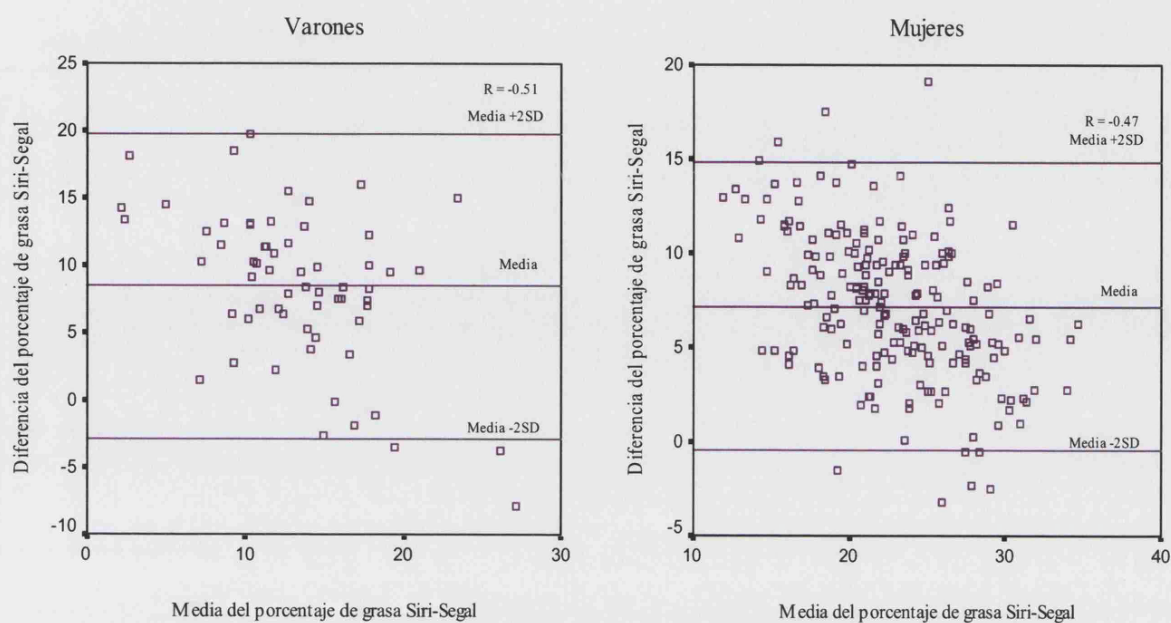


Figura 3.40. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Durnin y Womersley, Siri - Segal *et al.*

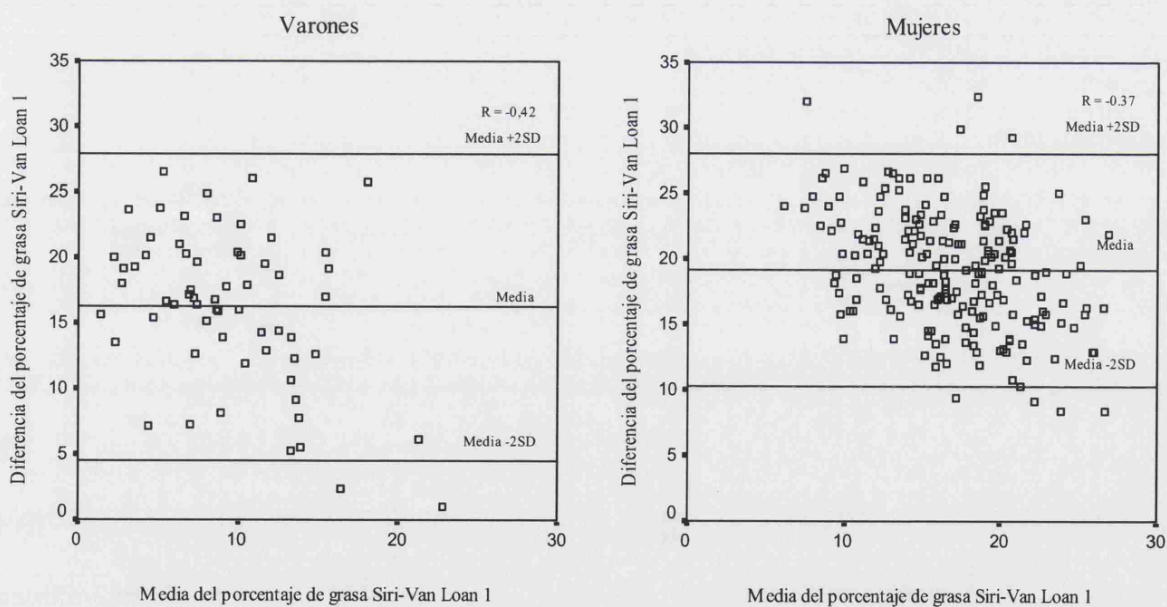


Figura 3.41. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Durnin y Womersley, Siri-Van Loan *et al.*<sup>1</sup>

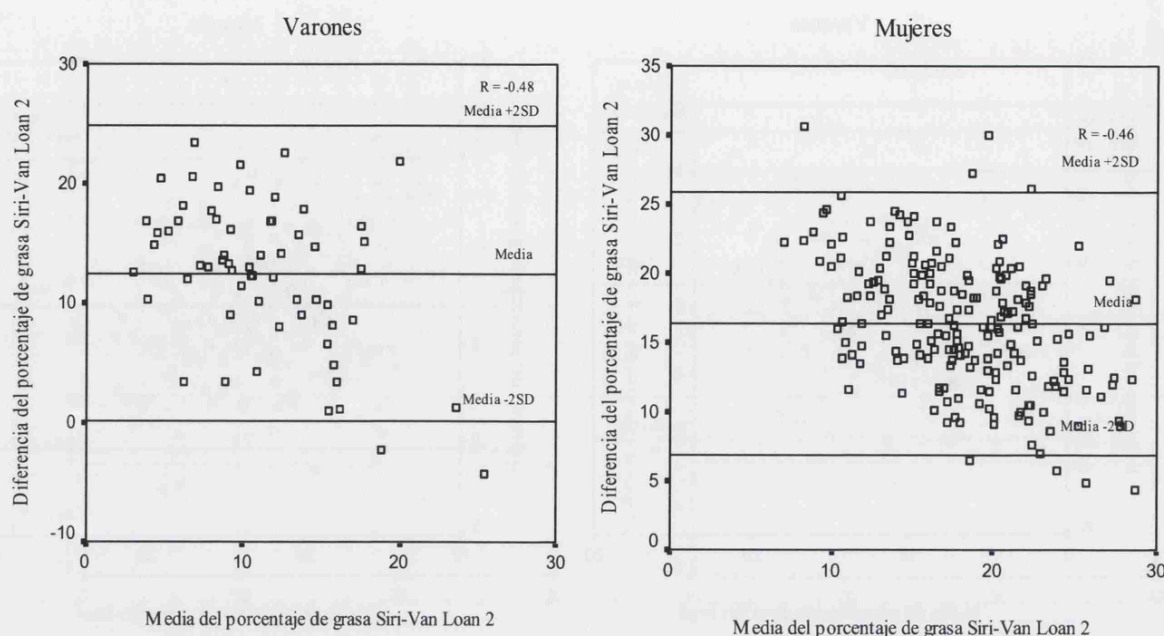


Figura 3.42. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Durnin y Womersley, Siri-Van Loan *et al.*<sup>2</sup>

### 3.4.1.3. Yuhasz-Bioimpedancia

Por último, al comparar las expresiones de bioimpedancia con la ecuación de Yuhasz (1974) las correlaciones son siempre significativas (tablas 3.37 y 3.38). La  $R$  de Pearson muestra valores comprendidos entre 0,43-0,60 y 0,56-0,76 en varones y mujeres respectivamente. Estos son ligeramente superiores en los correspondientes al coeficiente intraclass (CCI) que se sitúan entre el intervalo 0,47-0,65 (varones) y 0,59-0,82 (mujeres). Las ecuaciones que poseen los valores más elevados en ambos coeficientes son en varones las de Segal *et al.*, Deurenberg *et al.*<sup>1-2</sup> y Gray *et al.*, y para el sexo femenino éstas mismas muestran altos valores aunque hay más similitud con el resto.



La media de las diferencias para el porcentaje de grasa (en valor absoluto) y el intervalo de concordancia se hayan comprendidos respectivamente entre: 0,05%-25,16% y 19,09%-35,63% en varones, así como, 0,21%-25,16% y 15,40%-30,66% en mujeres. En la serie masculina las medias más cercanas a cero se obtienen al comparar Yuhasz con: Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (0,05%), Gray *et al.* (0,96%), Lukaski y Bolonchuk<sup>1-2</sup> (1,64% y 1,96%) y Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (-2,17%). Para las mujeres sucede lo mismo con: Segal *et al.* (-0,21%), Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (0,48%), Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (-1,09%) y Lukaski y Bolonchuk<sup>1-2</sup> (1,49% y 1,93%). El intervalo más bajo es de 19,09% en varones y de 15,40% en mujeres, que se corresponden con las ecuaciones de Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> y Segal *et al.* respectivamente.

En cuanto a los dos límites de dicho intervalo (media +2SD y media -2SD) en general no se encuentran, al menos para alguno de ellos, dentro del rango que ha sido propuesto como criterio de buena concordancia de  $\pm 10\%$  (SEEDO, 1995; Lean *et al.*, 1996; Martín *et al.*, 2001). Si bien en ciertos casos sí se cumple, y en otros se acerca bastante, por lo que los resultados son más similares a las obtenidas al contrastar bioimpedancia con Phantom que con Durnin y Womersley. En concreto hay que destacar tres situaciones, aunque sólo para el sexo femenino, que sí se sitúan entre el  $\pm 10\%$ , esto sucede en la comparativa de Yuhasz-Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (-8,38%, 9,34%), Yuhasz-Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (-9,12%, 6,94%) y Yuhasz-Segal *et al.* (-7,91%, 7,49%), que unido a las bajas medias de las diferencias (0,48%, -1,09% y -0,21% respectivamente) es indicativo de una muy buena concordancia entre dichas expresiones. En varones en ningún caso los límites se encuentran en el citado rango de  $\pm 10\%$  pero sí se aproximan sobretodo en Deurenberg *et al.*<sup>1-2</sup> y Gray *et al.*

Porcentaje grasa	Coeficientes correlación		Bland-Altman					
	R	CCI	Media diferencia (%)	SD (%)	Límites intervalo (%)		Intervalo concordancia (%)	Rejes
					Media + 2SD	Media - 2SD		
Varones (n = 62)								
Yuhasz-Boulier <i>et al.</i>	0,43**	0,54**	25,16	5,46	36,03	14,30	21,73	-0,57**
Yuhasz-Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup>	0,57**	0,63**	0,05	5,51	11,01	-10,91	21,92	-0,68**
Yuhasz-Deurenberg <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,56**	0,65**	-2,17	4,80	7,38	-11,71	19,09	-0,58**
Yuhasz-Gray <i>et al.</i>	0,60**	0,54**	0,96	5,62	12,14	-10,22	22,36	-0,71**
Yuhasz-Holtain	0,51**	0,47**	4,03	8,67	21,29	-13,23	34,52	-0,84**
Yuhasz-Kushner y Schoeller <sup>1</sup>	0,51**	0,49**	12,73	8,21	29,07	-3,61	32,68	-0,82**
Yuhasz-Kushner y Schoeller <sup>2</sup>	0,55**	0,57**	8,00	6,64	21,21	-5,22	26,43	-0,76**
Yuhasz-Kushner <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,50**	0,47**	10,81	8,64	28,00	-6,38	34,38	-0,83**
Yuhasz-Lohman	0,54**	0,51**	5,82	5,38	16,52	-4,89	21,41	-0,64**
Yuhasz-Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup>	0,52**	0,55**	1,64	6,44	14,45	-11,18	25,63	-0,72**
Yuhasz-Lukaski y Bolonchuk <sup>2</sup>	0,50**	0,54**	1,96	6,51	14,90	-10,99	25,89	-0,72**
Yuhasz-Lukaski <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,52**	0,47**	8,31	8,95	26,12	-9,51	35,63	-0,85**
Yuhasz-Segal <i>et al.</i>	0,57**	0,62**	2,58	5,68	13,89	-8,73	22,62	-0,56**
Yuhasz-Van Loan <i>et al.</i> <sup>1</sup>	0,53**	0,61**	10,34	5,45	21,19	-0,51	21,70	-0,64**
Yuhasz-Van Loan <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,53**	0,59**	6,64	5,82	18,23	-4,95	23,17	-0,68**

Tabla 3.37. Comparación del porcentaje de grasa entre la expresión antropométrica de Yuhasz y ecuaciones de bioimpedancia en varones: coeficiente de correlación de Pearson (R), coeficiente de correlación intraclase (CCI) y Bland-Altman. \*\* Significativo  $P < 0,01$ ; \*Significativo  $P < 0,05$ .

Porcentaje grasa	Coeficientes correlación		Bland-Altman					
	R	CCI	Media diferencia (%)	SD (%)	Límites intervalo (%)		Intervalo concordancia (%)	R ejes
					Media + 2SD	Media - 2SD		
Mujeres (n = 198)								
Yuhasz-Boulier <i>et al.</i>	0,56**	0,68**	22,20	5,03	32,26	12,14	20,12	-0,48**
Yuhasz-Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup>	0,65**	0,75**	0,48	4,43	9,34	-8,38	17,72	-0,48**
Yuhasz-Deurenberg <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,61**	0,74**	-1,09	4,04	6,94	-9,12	16,07	-0,29**
Yuhasz-Gray <i>et al.</i>	0,72**	0,72**	8,31	5,9	20,05	-3,43	23,40	-0,75**
Yuhasz-Holtain	0,59**	0,60**	5,14	7,36	19,78	-9,50	29,29	-0,76**
Yuhasz-Kushner y Schoeller <sup>1</sup>	0,59**	0,62**	14,14	6,96	27,99	0,28	27,70	-0,73**
Yuhasz-Kushner y Schoeller <sup>2</sup>	0,69**	0,73**	7,30	5,47	18,18	-3,58	21,77	-0,69**
Yuhasz-Kushner <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,57**	0,59**	10,92	7,31	25,46	-3,62	29,09	-0,74**
Yuhasz-Lohman	0,65**	0,75**	5,98	4,42	14,77	-2,81	17,59	-0,48**
Yuhasz-Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup>	0,63**	0,70**	1,49	5,26	11,95	-8,97	20,93	-0,59**
Yuhasz-Lukaski y Bolonchuk <sup>2</sup>	0,61**	0,69**	1,93	5,42	12,71	-8,85	21,57	-0,59**
Yuhasz-Lukaski <i>et al.</i> <sup>3</sup>	0,62**	0,61**	11,24	7,7	26,56	-4,08	30,66	-0,79**
Yuhasz-Segal <i>et al.</i>	0,76**	0,82**	-0,21	3,87	7,49	-7,91	15,40	-0,56**
Yuhasz-Van Loan <i>et al.</i> <sup>1</sup>	0,62**	0,73**	11,72	4,51	20,69	2,74	17,94	-0,45**
Yuhasz-Van Loan <i>et al.</i> <sup>2</sup>	0,63**	0,72**	8,99	4,83	18,60	-0,62	19,22	-0,53**

Tabla 3.38. Comparación del porcentaje de grasa entre la expresión antropométrica de Yuhasz y ecuaciones de bioimpedancia en mujeres: coeficiente de correlación de Pearson (R), coeficiente de correlación intraclase (CCI) y Bland-Altman. \*\* Significativo  $P < 0,01$ ; \* Significativo  $P < 0,05$ .

Como en anteriores ocasiones la representación gráfica Bland-Altman permite profundizar en el análisis (figuras de 3.43 a 3.57), las correlaciones significativas entre las variables de los ejes indican que las diferencias entre métodos no se deben al azar, mostrando dos patrones de distribución:

1- Mayor concordancia para valores de grasa intermedios, es decir, la diferencia del porcentaje de grasa se sitúa en torno a cero para esas puntuaciones, al comparar con: Deurenberg *et al.*<sup>1-2</sup>, Gray *et al.* (sólo en varones), Holtain, Lukaski y Bolonchuk<sup>1-2</sup> y Segal *et al.* Cuando hay menos concordancia sucede que el porcentaje de grasa obtenido por Yuhasz es mayor si los valores de grasa son bajos, por eso sale la diferencia positiva, mientras que para valores altos las diferencias son negativas, es decir, con Yuhasz se obtiene menos porcentaje de grasa que con bioimpedancia. En lo comentado anteriormente hay que tener en cuenta que se ha representado la grasa resultante por Yuhasz menos la obtenida por las ecuaciones de bioimpedancia.

2- Mayor concordancia a medida que los valores de grasa aumentan, siendo siempre más altos los porcentajes estimados por Yuhasz que con las ecuaciones de bioimpedancia, la diferencia es casi siempre positiva: Boulier *et al.*, Gray *et al.* (mujeres), Kushner y Schoeller<sup>1-2</sup>, Kushner *et al.*<sup>3</sup>, Lohman, Lukaski *et al.*<sup>3</sup>, Van Loan *et al.*<sup>1-2</sup>. Cuando el sujeto de estudio tiene un porcentaje elevado de grasa las diferencias entre métodos se acercan a cero, menos en Boulier *et al.* que siguen siendo altas a cualquier valor, o pueden aparecer pequeñas discrepancias negativas, lo que indica que en alguna ocasión con Yuhasz se ha obtenido menor porcentaje de grasa que al usar bioimpedancia.

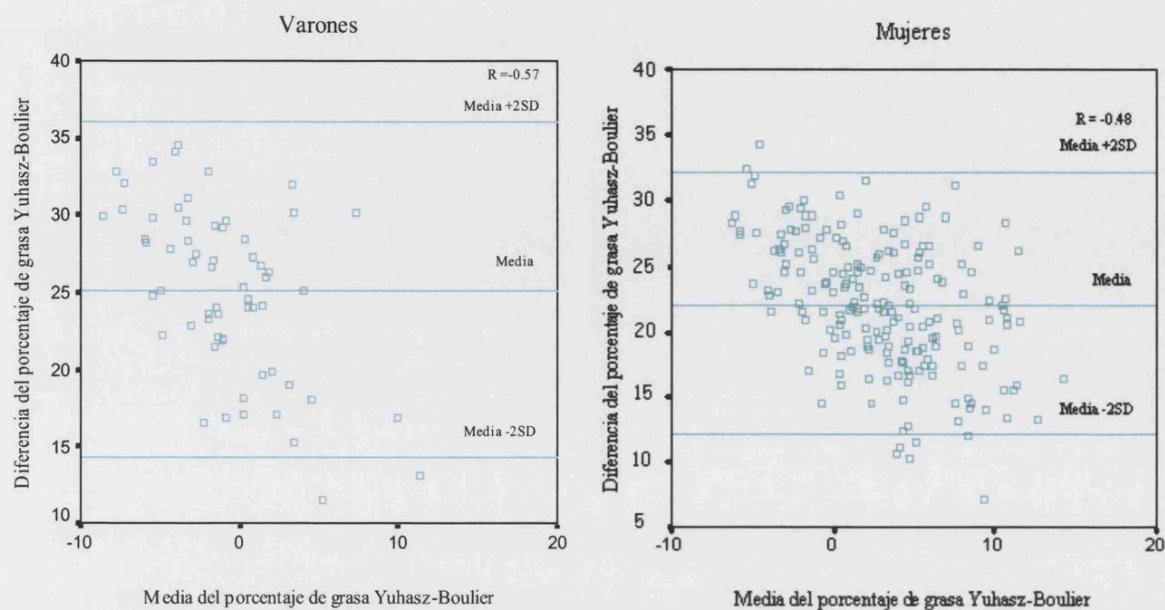


Figura 3.43. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Yuhasz-Boulier *et al.*

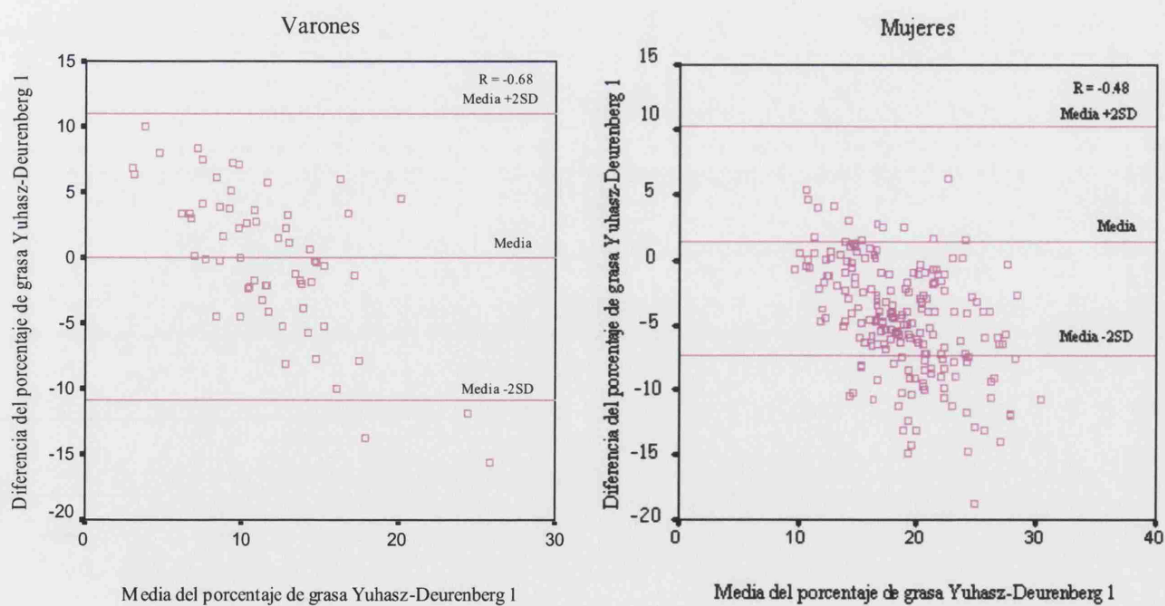


Figura 3.44. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Yuhasz-Deurenberg *et al.*<sup>1</sup>

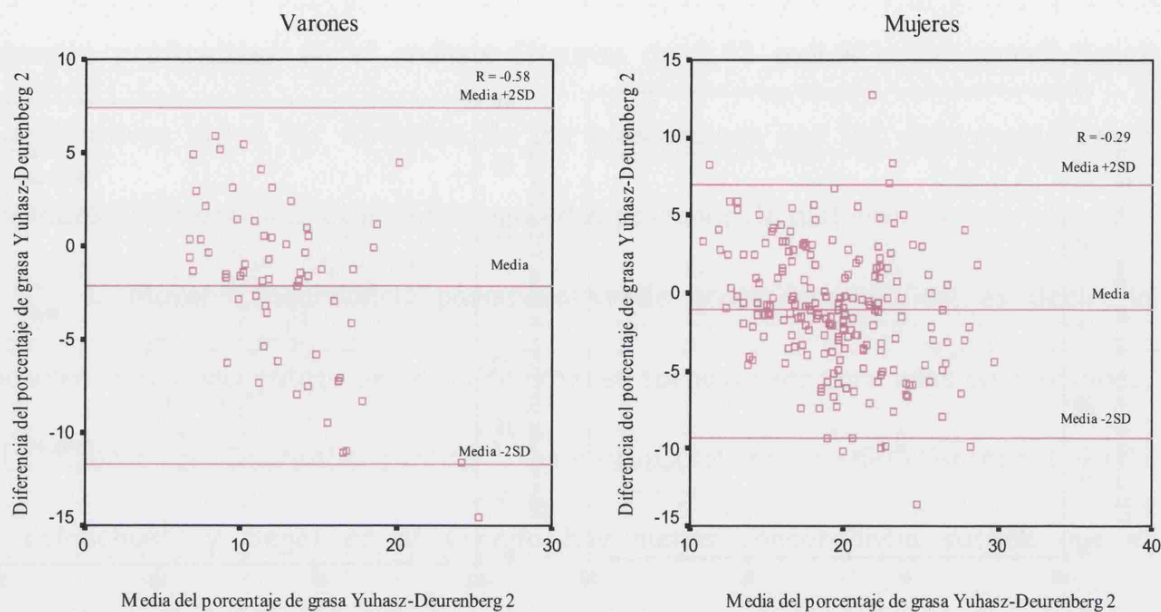


Figura 3.45. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Yuhasz-Deurenberg *et al.*<sup>2</sup>

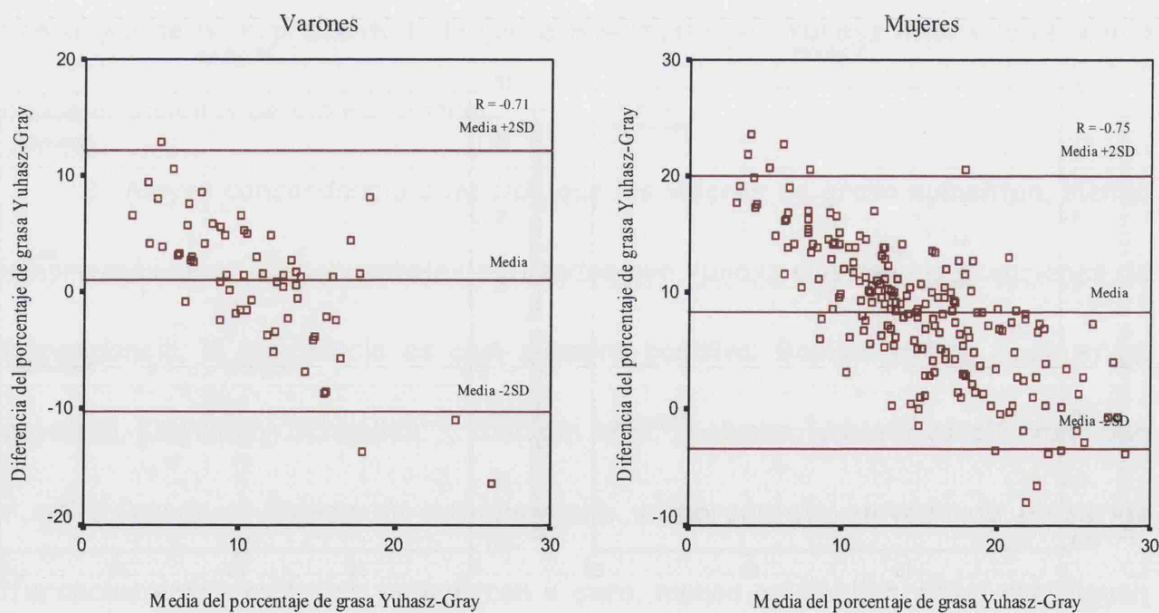


Figura 3.46. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Yuhasz-Gray *et al.*

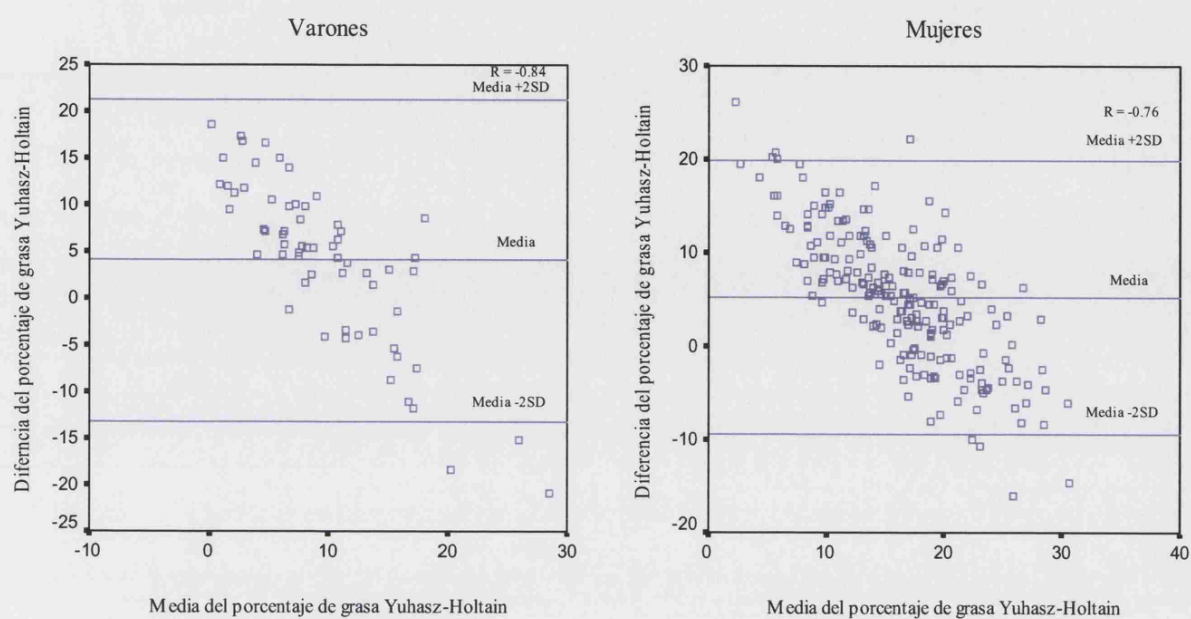


Figura 3.47. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Yuhasz-Holtain.

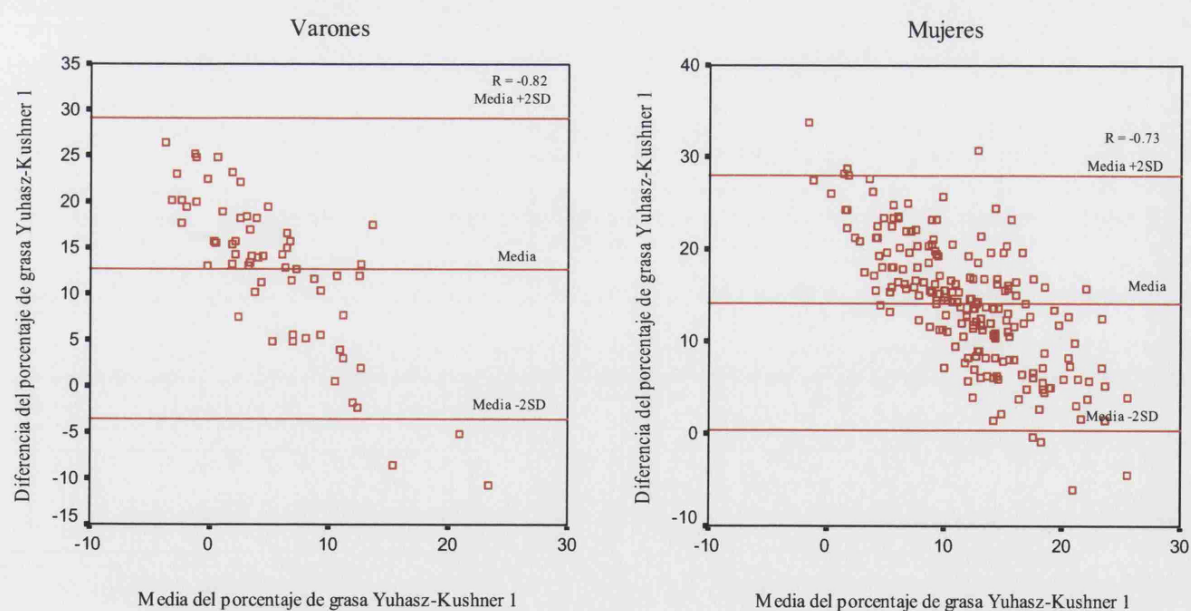


Figura 3.48. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Yuhasz-Kushner y Schoeller<sup>1</sup>.



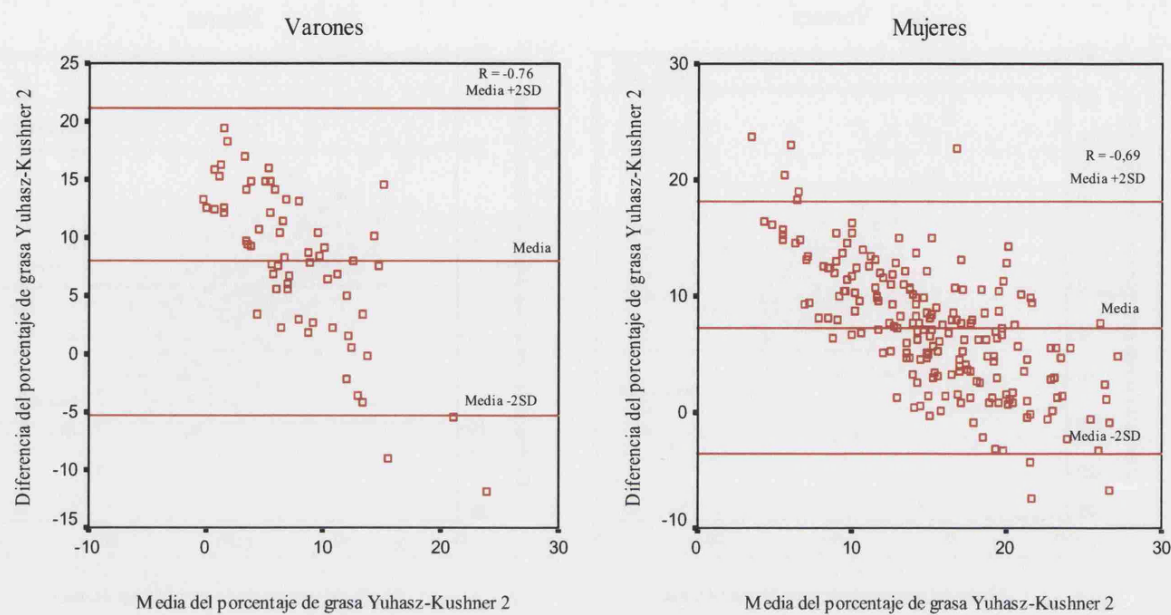


Figura 3.49. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Yuhasz-Kushner y Schoeller<sup>2</sup>.

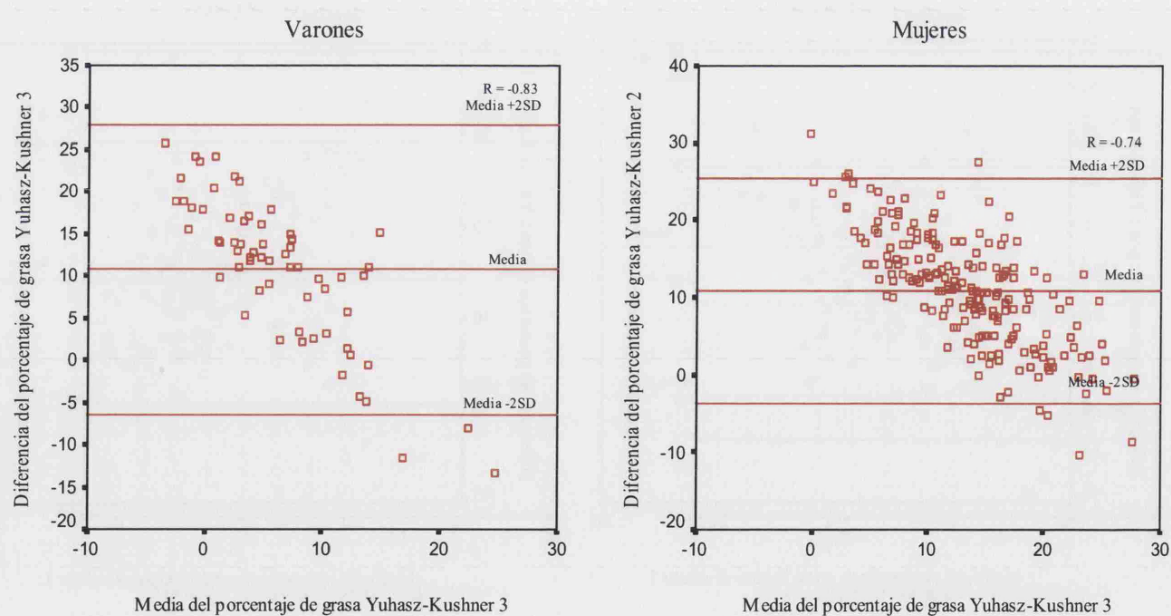


Figura 3.50. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Yuhasz-Kushner *et al.*<sup>3</sup>



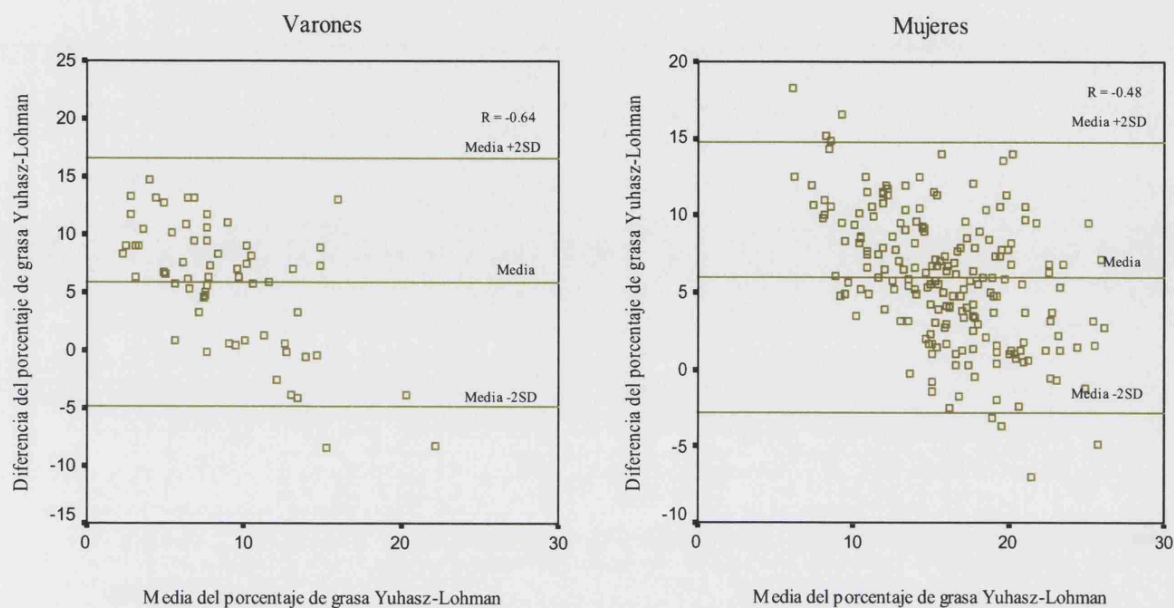


Figura 3.51. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Yuhasz-Lohman.

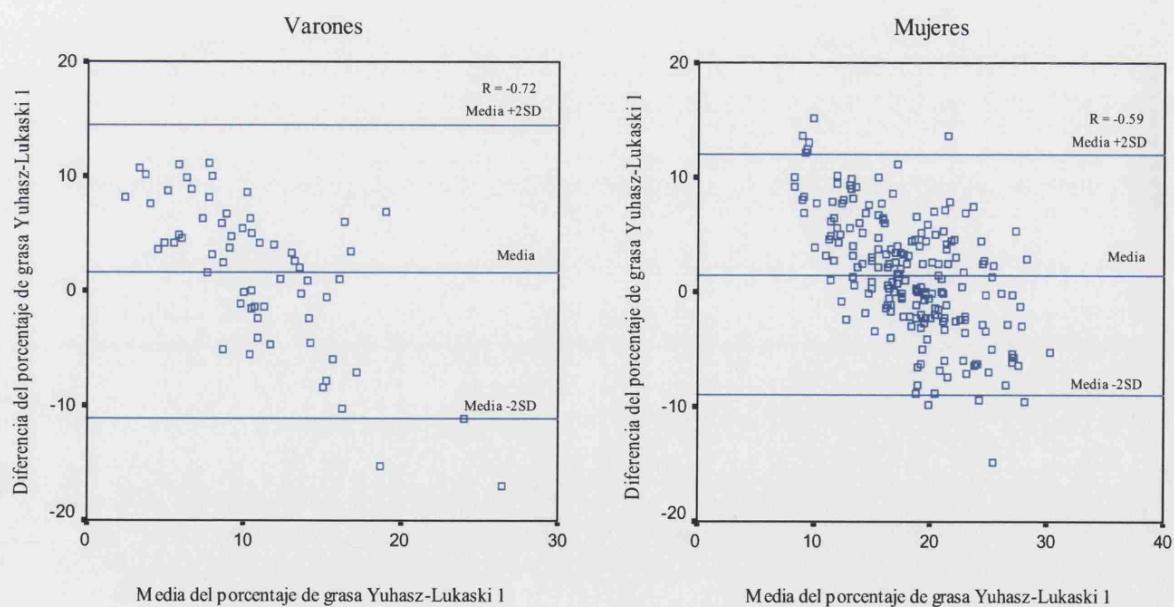


Figura 3.52. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Yuhasz-Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup>.

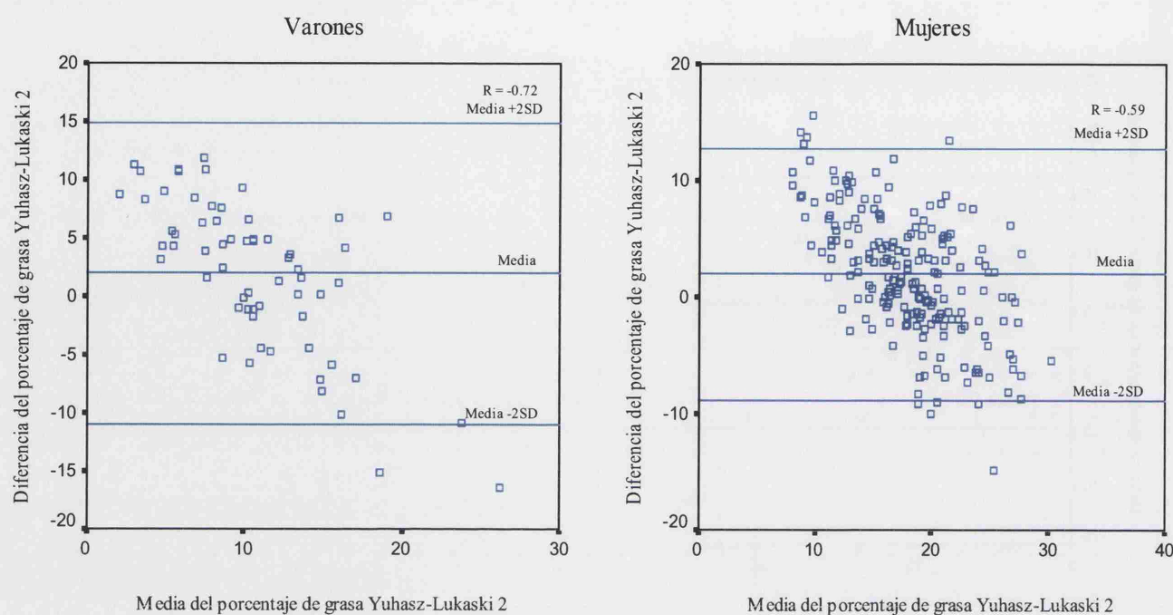


Figura 3.53. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Yuhasz-Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup>.

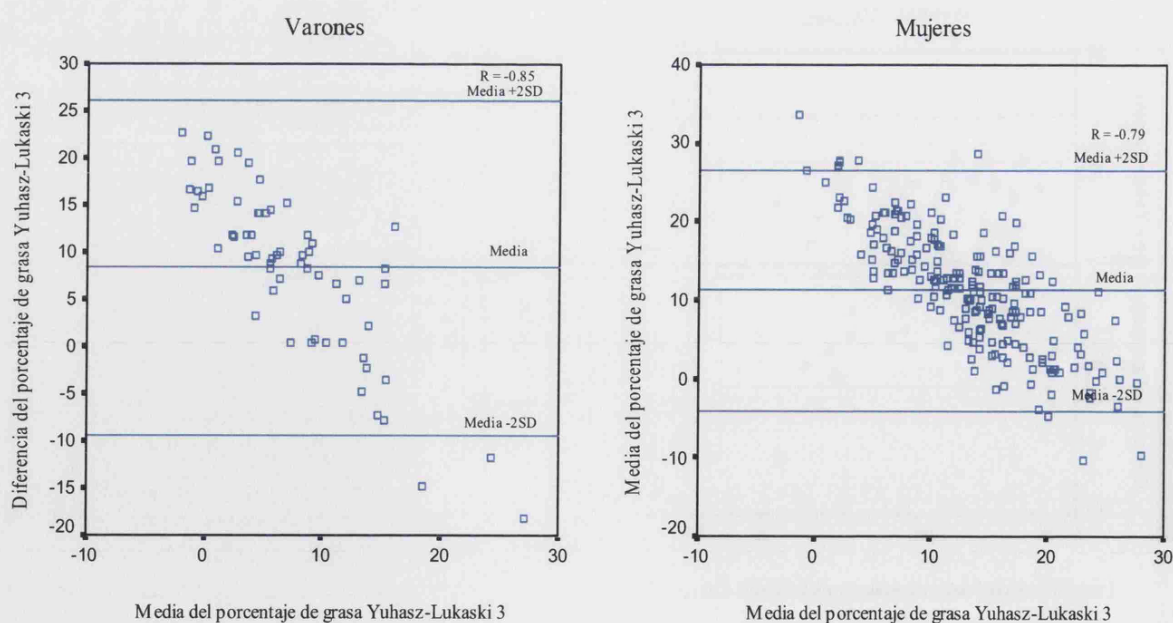


Figura 3.54. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Yuhasz-Lukaski *et al.*<sup>3</sup>

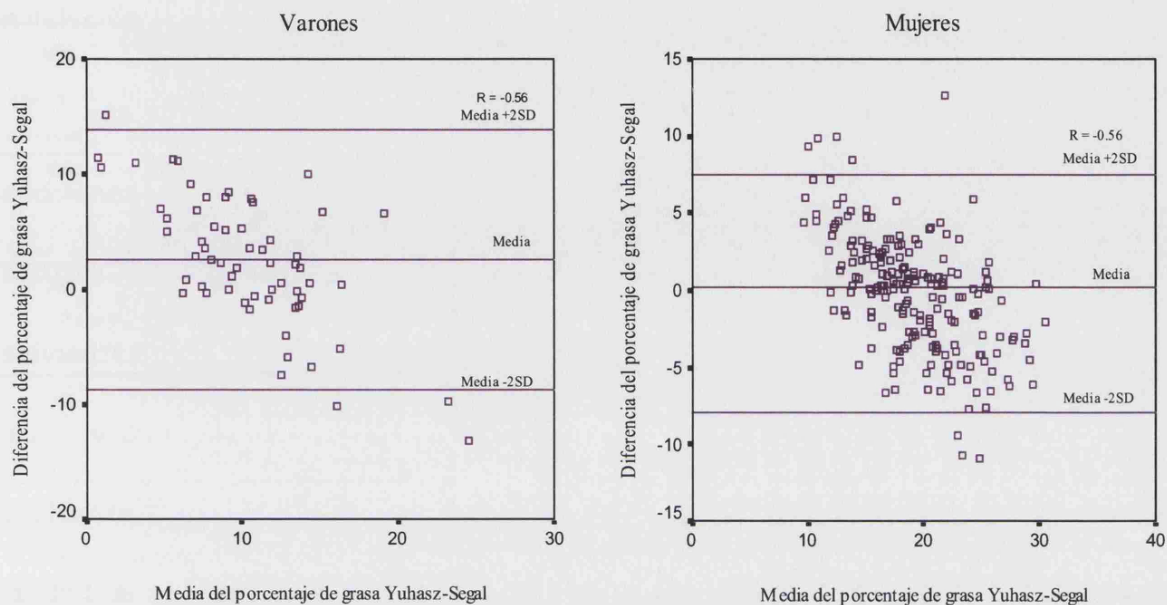


Figura 3.55. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Yuhasz-Segal *et al.*

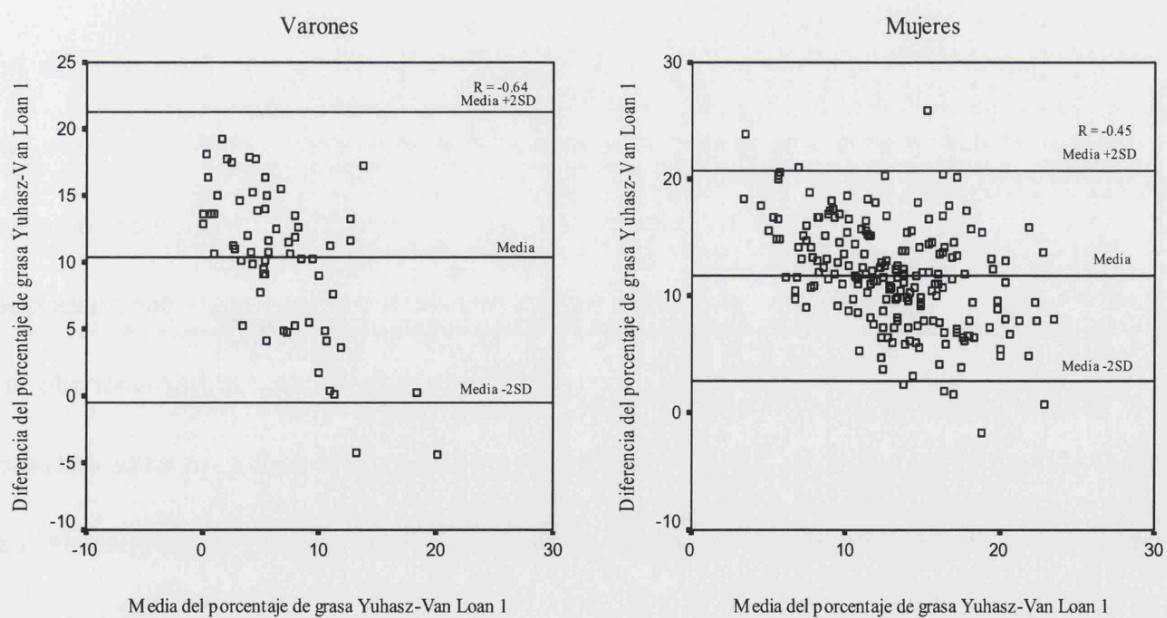


Figura 3.56. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Yuhasz-Van Loan *et al.*<sup>1</sup>

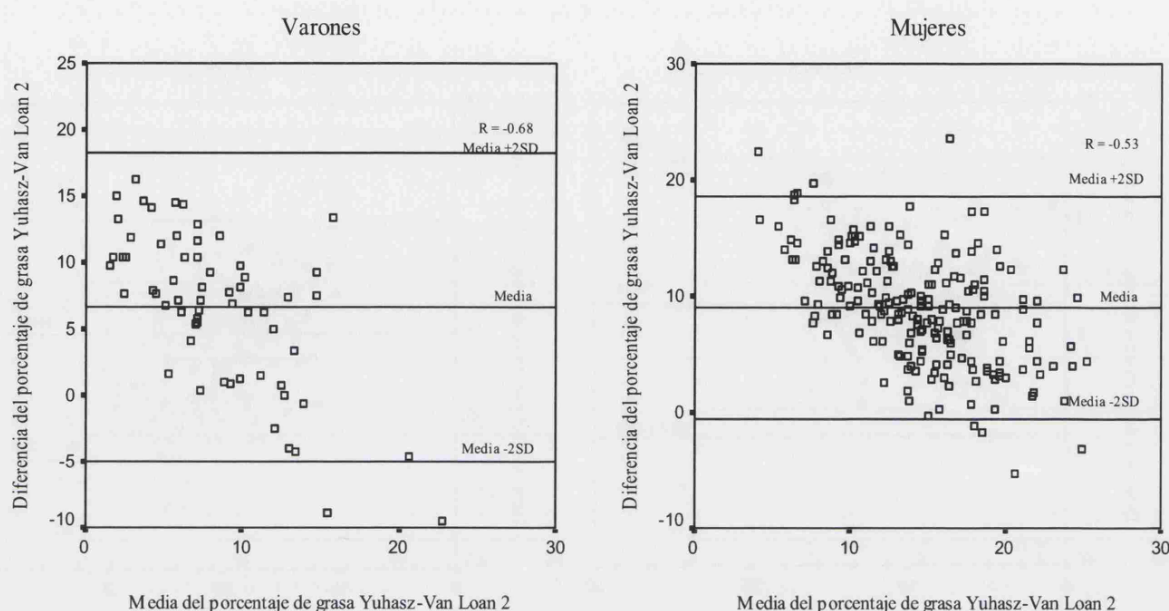


Figura 3.57. Bland-Altman: porcentaje de grasa entre Yuhasz-Van Loan *et al.*<sup>2</sup>

### 3.4.2. Creatinina frente antropometría y bioimpedancia

Al aplicar las pertinentes ecuaciones de bioimpedancia y creatinina se ha estimado directa o indirectamente la masa libre de grasa (FFM), por ello, la comparación se va a efectuar en relación a este parámetro. En antropometría se ha calculado al aplicar Phantom, por medio de la suma de todas las masas parciales que éste permite hallar exceptuando la correspondiente a la grasa. No han entrado en esta comparativa las otras ecuaciones antropométricas aplicadas en este estudio porque sólo proporcionan el porcentaje de grasa. Puesto que hay individuos de los que se disponía información de un método pero, por diversas causas, no de los tres el tamaño muestral se ha visto reducido, y en consecuencia, se ha vuelto a calcular con todas las ecuaciones la media de la masa libre de grasa (FFM) (tabla 3.39). Por

ello los datos proporcionados en este apartado pueden tener una pequeña variación en relación a otros vistos con anterioridad para la misma variable.

Las medias de la masa libre de grasa se sitúan en varones, para las distintas ecuaciones utilizadas con los tres métodos, en: por el modelo antropométrico Phantom el valor es de 60,02 kg, los datos correspondientes a bioimpedancia oscilan desde 82,71 kg que se obtiene con Boulier *et al.* a 63,42 kg con Deurenberg *et al.*<sup>2</sup>, y por último, a partir de la creatinina las puntuaciones van desde 86,73 kg resultante con la expresión de Bürger a 61,35 kg con Kriesberg *et al.* En mujeres las medias son: en antropometría con el modelo Phantom el valor es de 45,05 kg, en bioimpedancia oscilan desde 65,03 kg a 46,09 kg, y con creatinina desde 70,14 kg a 49,61 kg, en todos los casos las mayores y menores puntuaciones corresponden a las mismas ecuaciones citadas para los varones.

Masa libre de grasa (FFM) (kg)		Varones (n = 36) Media $\pm$ SD	Mujeres (n = 93) Media $\pm$ SD
Antropometría	Phantom (Drinkwater y Ross, 1980)	60,02 $\pm$ 7,31	45,05 $\pm$ 5,17
Bioimpedancia	Boulter <i>et al.</i> (1990)	82,71 $\pm$ 11,44	65,03 $\pm$ 7,89
	Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> (1991)	64,57 $\pm$ 7,69	46,58 $\pm$ 5,11
	Deurenberg <i>et al.</i> <sup>2</sup> (1990b)	63,42 $\pm$ 8,72	46,09 $\pm$ 5,50
	Gray <i>et al.</i> (1989)	65,25 $\pm$ 7,41	50,68 $\pm$ 4,51
	Holtain	68,98 $\pm$ 11,50	49,19 $\pm$ 6,26
	Kushner y Schoeller <sup>1</sup> (1986)	75,12 $\pm$ 11,72	54,52 $\pm$ 6,68
	Kushner y Schoeller <sup>2</sup> (1986)	70,96 $\pm$ 9,08	50,56 $\pm$ 4,92
	Kushner <i>et al.</i> <sup>3</sup> (1992)	73,91 $\pm$ 12,18	52,63 $\pm$ 6,83
	Lohman (1992)	69,17 $\pm$ 9,27	50,06 $\pm$ 5,50
	Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> (1988)	66,17 $\pm$ 8,73	47,10 $\pm$ 5,31
	Lukaski y Bolonchuk <sup>2</sup> (1988)	66,40 $\pm$ 8,91	47,32 $\pm$ 5,47
	Lukaski <i>et al.</i> <sup>3</sup> (1986)	72,05 $\pm$ 11,61	52,66 $\pm$ 6,37
	Segal <i>et al.</i> (1988)	65,88 $\pm$ 7,21	46,20 $\pm$ 3,74
	Van Loan <i>et al.</i> <sup>1</sup> (1990)	72,54 $\pm$ 9,80	53,46 $\pm$ 6,20
	Van Loan <i>et al.</i> <sup>2</sup> (1990)	69,96 $\pm$ 9,52	51,78 $\pm$ 5,85
Creatinina	Bürger (1919)	86,73 $\pm$ 17,56	70,14 $\pm$ 19,24
	Talbot (1938)	67,73 $\pm$ 2,28	54,82 $\pm$ 15,04
	Graystone (1968)	75,75 $\pm$ 2,55	61,25 $\pm$ 16,80
	Kriesberg <i>et al.</i> (1970)	61,35 $\pm$ 2,07	49,61 $\pm$ 13,61
	Picou <i>et al.</i> (1976)	70,44 $\pm$ 14,26	56,96 $\pm$ 15,63
	Wang <i>et al.</i> <sup>1</sup> (1996)	82,57 $\pm$ 16,72	66,77 $\pm$ 18,32
	Forbes y Bruining <sup>1</sup> (1976)	61,38 $\pm$ 1,82	51,05 $\pm$ 11,98
	Forbes y Bruining <sup>2</sup> (1976)	65,42 $\pm$ 1,50	56,86 $\pm$ 9,92
	Forbes <sup>3</sup> (1987)	61,88 $\pm$ 1,84	51,45 $\pm$ 12,10
	Forbes <sup>4</sup> (1987)	65,30 $\pm$ 1,50	56,75 $\pm$ 9,91
	Wang <i>et al.</i> <sup>2</sup> (1996)	79,95 $\pm$ 2,41	66,25 $\pm$ 15,88

Tabla 3.39. Masa libre de grasa por antropometría, bioimpedancia y creatinina.



Como se observa en la tabla 3.39 las ecuaciones de bioimpedancia y creatinina proporcionan valores muy heterogéneos, siendo aquellas que dan los resultados más bajos las que más se asemejan a la media resultante por antropometría. Éstas son: para el método de la bioimpedancia la correspondiente a Deurenberg *et al.*<sup>1-2</sup>, Segal *et al.* y Lukaski-Bolonchuk<sup>1-2</sup>, y para la creatinina las de los autores Talbot, Kriesberg *et al.* y las cuatro proporcionadas por Forbes.

La comparación de ecuaciones se ha llevado a cabo a través del cálculo del coeficiente de correlación de Pearson y del método gráfico Bland y Altman, el estudio se centra en la creatinina con el resto, ya que bioimpedancia y antropometría se estudiaron en el apartado 3.4.1. Antes de continuar conviene remarcar que en esa comparación se empleó el porcentaje de la masa grasa mientras que ahora se va a efectuar con la masa libre de grasa, medida en kg. A fin de tener constancia de las diferencias de emplear una u otra variable se ha seleccionado una ecuación de bioimpedancia y una de antropometría y en los dos casos se ha aplicado el método Bland y Altman (indicado en el apéndice II).

En la tabla 3.40 se muestran los coeficientes de correlación de Pearson entre creatinina y los otros dos métodos, se usa el término de creatinina para hacer referencia al conjunto de las ecuaciones, ya que entre ellas al ser su coeficiente de correlación de Pearson de valor 1 (ver apartado 3.3) el resultado es el mismo para todas. También hay que tener en cuenta que al ser ecuaciones lineales se puede partir del valor de FFM o directamente de la cantidad de creatinina excretada, resultando el valor del coeficiente igual. En Phantom se ha

comparado con FFM y masa muscular (MM), en bioimpedancia sólo se ha podido con el valor de FFM ya que este método no proporciona la masa muscular.

Se obtiene que al contrastar creatinina con Phantom los coeficientes son significativos para los dos sexos aunque de bajo valor, con puntuaciones de 0,42 y 0,25 para varones y mujeres respectivamente, en lo referente a la comparación de la masa muscular; en ambos casos la correlación es mayor al utilizar la variable masa muscular que al emplear FFM. Con bioimpedancia los coeficientes han resultado significativos en el sexo masculino, con valores comprendidos entre 0,36 y 0,52, los más altos corresponden a la comparación con las ecuaciones de Holtain (0,52), Lukaski *et al.*<sup>3</sup> (0,52), Kushner y Schoeller<sup>2</sup> (0,51) y Kushner *et al.*<sup>3</sup> (0,51). Por el contrario, en las mujeres no son significativas en ninguna de las ecuaciones de bioimpedancia y sus puntuaciones son bajas, ya que oscilan entre 0,09 y 0,15.



	Coeficiente de correlación de Pearson (R)	Varones (n = 36)	Mujeres (n = 93)
Antropometría	Creatinina <sup>#</sup> -Phantom (FFM)	0,35**	0,21**
	Creatinina <sup>#</sup> -Phantom (MM)	0,42**	0,25**
Bioimpedancia	Creatinina <sup>#</sup> -Boulter <i>et al.</i> (FFM)	0,36**	0,11
	Creatinina <sup>#</sup> -Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> (FFM)	0,42**	0,13
	Creatinina <sup>#</sup> -Deurenberg <i>et al.</i> <sup>2</sup> (FFM)	0,45**	0,12
	Creatinina <sup>#</sup> -Gray <i>et al.</i> (FFM)	0,48**	0,13
	Creatinina <sup>#</sup> -Holtain (FFM)	0,52**	0,09
	Creatinina <sup>#</sup> -Kushner y Schoeller <sup>1</sup> (FFM)	0,51**	0,10
	Creatinina <sup>#</sup> -Kushner y Schoeller <sup>2</sup> (FFM)	0,49**	0,10
	Creatinina <sup>#</sup> -Kushner <i>et al.</i> <sup>3</sup> (FFM)	0,51**	0,10
	Creatinina <sup>#</sup> -Lohman (FFM)	0,43**	0,11
	Creatinina <sup>#</sup> -Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> (FFM)	0,47**	0,11
	Creatinina <sup>#</sup> -Lukaski y Bolonchuk <sup>2</sup> (FFM)	0,47**	0,10
	Creatinina <sup>#</sup> -Lukaski <i>et al.</i> <sup>3</sup> (FFM)	0,52**	0,09
	Creatinina <sup>#</sup> -Segal <i>et al.</i> (FFM)	0,36**	0,15
	Creatinina <sup>#</sup> -Van Loan <i>et al.</i> <sup>1</sup> (FFM)	0,45**	0,11
	Creatinina <sup>#</sup> -Van Loan <i>et al.</i> <sup>2</sup> (FFM)	0,47**	0,11

Tabla 3.40. Comparación entre creatinina y los otros dos métodos a través del coeficiente de correlación de Pearson. \*\* Significativo  $P < 0,01$ . # Válido para todas las ecuaciones de creatinina y al comparar FFM ó creatinina expulsada en orina.

En resumen, en los varones es donde más altos son los valores del coeficiente de correlación, y además, es en el único caso en el que la creatinina correlaciona significativamente con los otros dos métodos de valoración de la composición corporal; obteniéndose coeficientes superiores, en la mayoría de los casos, al comparar creatinina con bioimpedancia. Mientras que en mujeres sólo es

significativa la correlación entre creatinina y el método antropométrico Phantom. En cualquier caso todos los coeficientes son de muy bajo valor, indicativo de escasa relación lineal entre las variables estudiadas.

También se ha aplicado el método Bland y Altman, que permite establecer el grado de concordancia a partir de la media de la diferencia y de su desviación. Dada la escasa correlación encontrada entre los métodos el intervalo de concordancia (media  $\pm$  2SD) no se ha calculado, ya que además a partir de la desviación se puede hacer una valoración del mismo. En primer lugar se muestran los resultados del contraste entre antropometría y las ecuaciones de creatinina (tabla 3.41), como sólo hay una ecuación de antropometría, que es la correspondiente a Phantom, se ha comparado con todas las dadas por creatinina. Las medias de las diferencias para la FFM oscilan ampliamente hasta alcanzar el valor de -26,70 kg en varones y -25,18 kg en mujeres, en ambos casos correspondiente a la ecuación de Bürger, que es la que además posee las desviaciones más altas, y por tanto, es la que peor concuerda con antropometría.

Por el contrario, las medias de las diferencias más cercanas a cero encontradas en varones son de -1,32 kg con Kriesberg *et al.*, -1,35 kg en Forbes y Bruining<sup>1</sup>, -1,85 kg para Forbes<sup>3</sup>, 5,27 kg con Forbes<sup>4</sup> y 5,39 kg en Forbes y Bruining<sup>2</sup>. En cuanto a las desviaciones son muy elevadas en todos los casos, ya que siempre son superiores a 9,47 kg, lo que supone unos altos intervalos de concordancia, y por tanto, una escasa concordancia entre los métodos. Pese a que observando sólo las medias de las diferencias se pueda interpretar lo contrario.

Los resultados en la serie femenina muestran la existencia de una menor concordancia, ya que son mayores las medias de las diferencias y sus desviaciones, presentando la media más cercana a cero un valor de -4,63 kg, que es la correspondiente a Kriesberg *et al.*, y a continuación se encuentran entre las más concordantes las expresiones Forbes y Bruining<sup>1</sup> y Forbes<sup>3</sup>.

En resumen, de entre todas las comparaciones las que mayor similitud entre métodos dan para ambos sexos son: Kriesberg *et al.*, Forbes y Bruining<sup>1</sup> y Forbes<sup>3</sup>, si bien, como ya se ha indicado con anterioridad aunque la media es baja la desviación es alta, lo que da lugar a que los intervalos de concordancia tengan gran amplitud. Por tanto no hay buena concordancia entre creatinina y bioimpedancia.

Ecuaciones comparadas FFM (kg)	Varones (n = 36) Media* ± SD	Mujeres (n = 93) Media* ± SD
Phantom-Bürger	-26,70 ± 16,53	-25,18 ± 18,92
Phantom-Talbot	-7,76 ± 13,14	-9,85 ± 14,90
Phantom-Graystone	-15,72 ± 14,54	-16,29 ± 16,58
Phantom-Kriesberg <i>et al.</i>	-1,32 ± 12,05	-4,63 ± 13,56
Phantom-Picou <i>et al.</i>	-10,41 ± 13,60	-11,99 ± 15,46
Phantom-Wang <i>et al.</i> <sup>1</sup>	-22,53 ± 15,77	-21,81 ± 18,03
Phantom-Forbes y Bruining <sup>1</sup>	-1,35 ± 10,86	-6,06 ± 12,06
Phantom-Forbes y Bruining <sup>2</sup>	-5,39 ± 9,48	-11,86 ± 10,22
Phantom-Forbes <sup>3</sup>	-1,85 ± 10,94	-6,46 ± 12,16
Phantom-Forbes <sup>4</sup>	-5,27 ± 9,47	-11,75 ± 10,21
Phantom-Wang <i>et al.</i> <sup>2</sup>	-19,92 ± 13,80	-21,28 ± 15,70

Tabla 3.41. Comparación de la masa libre de grasa entre antropometría por Phantom y ecuaciones de creatinina a través del método Bland-Altman. \* Media de la diferencia.

A fin de ilustrar uno de los resultados se ha representado gráficamente la comparación entre las ecuaciones Phantom-Forbes<sup>3</sup> (tabla 3.42 y figura 3.58). Se observa como las altas desviaciones dan lugar a intervalos muy grandes, 43,54 kg en varones y 48,39 kg en mujeres; y como las diferencias entre métodos se dispersan entre valores de 19,92 kg y -23,62 kg en varones mientras que alcanzan puntuaciones de 17,73 kg y -30,65 kg en mujeres. En las gráficas se aprecian que las correlaciones entre ejes son significativas con valores -0,41 y -0,70; en el sexo femenino se observa que las diferencias son cercanas a cero cuando la variable FFM toma un valor intermedio, también en varones sucede algo similar pero al haber un menor número de datos no queda tan clara la distribución de las diferencias.

FFM (kg)	Bland-Altman					
	Media diferencia (kg)	SD (kg)	Límites intervalo (kg)		Intervalo concordancia (kg)	R ejes
			Media			
			+ 2SD	- 2SD		
Phantom- Forbes <sup>3</sup>						
Varones (n = 36)	-1,85	10,94	19,92	-23,62	43,54	-0,41**
Mujeres (n = 93)	-6,46	12,16	17,73	-30,65	48,39	-0,70**

Tabla 3.42. Comparación de la masa libre de grasa entre antropometría por Phantom y creatinina por Forbes<sup>3</sup> a través del método Bland-Altman. Significativo \*\*P<0,05.

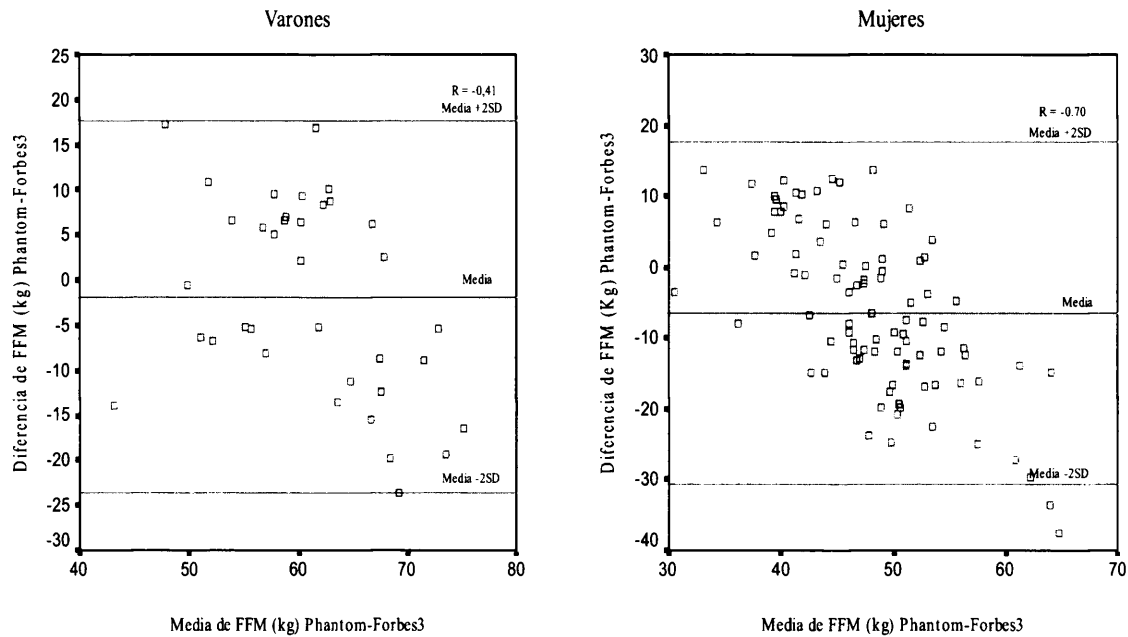


Figura 3.58. Bland-Altman: masa libre de grasa entre Phantom-Forbes<sup>3</sup>.

Una vez comparado con antropometría en segundo lugar se ha estudiado la similitud existente entre bioimpedancia y creatinina. Partiendo de los resultados comentados hasta ahora, esto es, ausencia de correlación significativa en el sexo femenino y existencia en el masculino pero de bajo valor, se ha optado por no comparar todas las ecuaciones con todas (11 de creatinina con 15 de bioimpedancia). Por tanto, se ha creído conveniente escoger, por un lado, dentro de las de bioimpedancia las que obtuvieron un fraccionamiento más adecuado al calcular el porcentaje de grasa (apartado 3.4.1.). Ya que en consecuencia es de esperar que sus valores en la masa libre de grasa sean también los más idóneos, éstas son: Deurenberg *et al.*<sup>1</sup>, Deurenberg *et al.*<sup>2</sup>, Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup>, Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup> y Segal *et al.*

Por otro lado, se ha calculado la media de las diferencias de una de ellas, al azar se ha escogido la primera de las citadas, con todas las de creatinina para

establecer cuáles son entre las que hay más concordancia, y elegir así de entre todas las ecuaciones de creatinina las que se confrontarán con el resto (tabla 3.43). En esta comparativa se observa que las ecuaciones que para ambos sexos obtienen las medias de la diferencia para FFM más cercanas a cero y desviaciones más bajas son: Talbot, Kriesberg *et al.* y las cuatro de Forbes; con medias comprendidas para varones entre -3,16 kg y 3,22 kg, mientras que para mujeres son superiores y se encuentran comprendidas entre -3,03 kg y -10,28 kg. Dentro de las expresiones de Forbes se han seleccionado Forbes y Bruining<sup>1</sup> y Forbes<sup>3</sup>, ya que las otras dos dan en mujeres medias muy elevadas. Por tanto, a fin de detallar la fiabilidad entre estos dos métodos y tras el preanálisis efectuado se ha considerado oportuno confrontar las tres ecuaciones de creatinina citadas con las cinco de bioimpedancia seleccionadas en apartados anteriores.

Ecuaciones comparadas FFM (kg)	Varones (n = 36) Media* $\pm$ SD	Mujeres (n = 93) Media* $\pm$ SD
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Wang <i>et al.</i> <sup>1</sup>	-18,00 $\pm$ 14,87	-20,19 $\pm$ 17,13
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Picou <i>et al.</i>	-5,87 $\pm$ 13,14	-10,38 $\pm$ 15,82
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Bürger	-22,16 $\pm$ 16,06	-23,56 $\pm$ 19,28
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Talbot	-3,16 $\pm$ 12,68	-8,24 $\pm$ 15,26
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Graystone	-11,18 $\pm$ 14,07	-14,67 $\pm$ 16,94
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Kriesberg <i>et al.</i>	3,22 $\pm$ 11,60	-3,03 $\pm$ 13,92
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Wang <i>et al.</i> <sup>2</sup>	-15,38 $\pm$ 12,55	-19,67 $\pm$ 14,30
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Forbes y Bruining <sup>1</sup>	3,19 $\pm$ 10,44	-4,47 $\pm$ 12,42
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Forbes y Bruining <sup>2</sup>	-0,85 $\pm$ 9,12	-10,28 $\pm$ 10,57
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Forbes <sup>3</sup>	2,69 $\pm$ 10,52	-4,87 $\pm$ 12,53
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Forbes <sup>4</sup>	-0,73 $\pm$ 9,11	-10,17 $\pm$ 10,57

Tabla 3.43. Comparación de la masa libre de grasa entre la expresión de bioimpedancia de Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> y ecuaciones de creatinina a través del método Bland-Altman. \* Media de la diferencia.

Desde la tabla 3.44 a la 3.46 se comparan algunas de las ecuaciones de creatinina con las seleccionadas para bioimpedancia. En la ecuación de Kriesberg *et al.* las medias de las diferencias oscilan entre 2,07 kg y 5,05 kg en varones, y de -2,29 kg a -3,52 kg en mujeres; para Forbes y Bruining<sup>1</sup> van de 2,04 kg a 4,79 kg en varones y de -3,73 kg a -4,96 kg en mujeres; por último, para Forbes<sup>3</sup> oscilan desde 1,54 kg a 4,52 kg en varones y de -4,13 kg a -5,36 kg en mujeres.

En general las medias son bajas y similares para todas ellas, no obstante, las desviaciones salen siempre muy elevadas lo que lleva a dar intervalos y límites de concordancia muy altos, y por ello una similitud baja entre las técnicas de creatinina y bioimpedancia, siendo peor para el sexo femenino. Las medias de las diferencias más bajas en valor absoluto se encuentran al comparar las tres ecuaciones de creatinina con las siguientes de bioimpedancia: Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> en varones, y Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup> en mujeres. En el sexo masculino las diferencias son siempre positivas, es decir, se obtiene mayor puntuación con las ecuaciones de bioimpedancia mientras que para el sexo femenino sucede lo contrario.

Ecuaciones comparadas FFM (kg)	Varones (n = 36) Media* $\pm$ SD	Mujeres (n = 93) Media* $\pm$ SD
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> -Kriesberg <i>et al.</i>	3,22 $\pm$ 11,60	-3,03 $\pm$ 13,92
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>2</sup> -Kriesberg <i>et al.</i>	2,07 $\pm$ 11,57	-3,52 $\pm$ 14,05
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> -Kriesberg <i>et al.</i>	4,79 $\pm$ 11,38	-2,51 $\pm$ 14,08
Lukaski y Bolonchuk <sup>2</sup> -Kriesberg <i>et al.</i>	5,05 $\pm$ 11,48	-2,29 $\pm$ 14,13
Segal <i>et al.</i> -Kriesberg <i>et al.</i>	4,53 $\pm$ 11,98	-3,41 $\pm$ 13,58

Tabla 3.44. Comparación de la masa libre de grasa entre algunas ecuaciones de bioimpedancia y expresión de creatinina de Kriesberg *et al.* a través del método Bland-Altman. \* Media de la diferencia.



Ecuaciones comparadas FFM (kg)	Varones (n = 36) Media* $\pm$ SD	Mujeres (n = 93) Media* $\pm$ SD
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> -Forbes y Bruining <sup>1</sup>	3,19 $\pm$ 10,44	-4,47 $\pm$ 12,58
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>2</sup> - Forbes y Bruining <sup>1</sup>	2,04 $\pm$ 10,51	-4,96 $\pm$ 12,64
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> - Forbes y Bruining <sup>1</sup>	4,79 $\pm$ 10,32	-3,95 $\pm$ 13,58
Lukaski y Bolonchuk <sup>2</sup> - Forbes y Bruining <sup>1</sup>	4,52 $\pm$ 10,43	-3,73 $\pm$ 14,06
Segal <i>et al.</i> - Forbes y Bruining <sup>1</sup>	4,50 $\pm$ 10,77	-4,89 $\pm$ 12,42

Tabla 3.45. Comparación de la masa libre de grasa entre algunas ecuaciones de bioimpedancia y expresión de creatinina de Forbes y Bruining<sup>1</sup> a través del método Bland-Altman. \* Media de la diferencia.

Ecuaciones comparadas FFM (kg)	Varones (n = 36) Media* $\pm$ SD	Mujeres (n = 93) Media* $\pm$ SD
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> -Forbes <sup>3</sup>	2,69 $\pm$ 10,52	-4,87 $\pm$ 12,53
Deurenberg <i>et al.</i> <sup>2</sup> -Forbes <sup>3</sup>	1,54 $\pm$ 10,58	-5,36 $\pm$ 12,67
Lukaski y Bolonchuk <sup>1</sup> -Forbes <sup>3</sup>	4,29 $\pm$ 10,40	-4,35 $\pm$ 12,69
Lukaski y Bolonchuk <sup>2</sup> -Forbes <sup>3</sup>	4,52 $\pm$ 10,51	-4,13 $\pm$ 12,75
Segal <i>et al.</i> -Forbes <sup>3</sup>	4,00 $\pm$ 10,85	-5,25 $\pm$ 12,13

Tabla 3.46. Comparación de la masa libre de grasa entre algunas ecuaciones de bioimpedancia y expresión de creatinina de Forbes<sup>3</sup> a través del método Bland-Altman. \* Media de la diferencia.



## 4. DISCUSIÓN



## **4. DISCUSIÓN**

En primer lugar se discute globalmente el dimorfismo sexual presente en la muestra estudiada, tanto mediante la comparación de los promedios de las dimensiones antropométricas directas como a partir de las puntuaciones Z de la táctica Phantom (Ross y Wilson, 1974). A continuación, se trata la condición nutricional y el perfil de distribución de la grasa a través de los parámetros de índice de masa corporal (I.M.C.) y de cintura-cadera (I.C.C.). Posteriormente, el capítulo se centra ya en el fraccionamiento de la composición corporal por las diferentes técnicas de antropometría, bioimpedancia y creatinina, para detallar en los últimos apartados la concordancia existente entre los resultados obtenidos con la utilización de las tres metodologías citadas.

### **4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA**

Como era de esperar, se han encontrado valores significativamente superiores para el peso y la estatura en el sexo masculino, lo que corresponde con un mayor tamaño corporal característico de los varones a partir de la etapa postpuberal. También se han puesto de relieve las diferencias sexuales para la composición corporal y la distribución del tejido adiposo.

Del estudio de los pliegues aquí analizados se desprende que el componente graso es claramente mayor en el sexo femenino, ya que cuando hay diferencias significativas, lo que sucede en el tricipital, bicipital, muslo y pantorrilla, los promedios son superiores en las chicas. Únicamente en el pliegue abdominal ocurre

lo contrario, aspecto que corrobora que ya en los jóvenes varones adultos existe un patrón de acumulación de adiposidad en la zona central del tronco, mientras que en las mujeres hay más tendencia a que la grasa se deposite en las extremidades. En cuanto a los pliegues subescapular y supraespinal no se han encontrado diferencias entre sexos, y se puede decir que no se manifiesta dimorfismo sexual en la deposición de grasa en esa zona del cuerpo. Desde hace tiempo es sabido que desde la adolescencia los varones reducen sus niveles de grasa subcutánea, principalmente en las extremidades, mientras que en las mujeres sucede lo contrario, así como que en el tronco estas diferencias relacionadas con el tejido adiposo se manifiestan menos (Malina y Bouchard, 1991).

En cuanto a los perímetros medidos cuando hay diferencias significativas, como ocurre para: pantorrilla, tobillo, muñeca, brazo, antebrazo, cintura, tórax y abdomen, su valor es siempre superior en los chicos; lo que corresponde principalmente a su mayor muscularidad y/o contextura. No obstante, para el perímetro del muslo no sólo no hay diferencias significativas sino que la media resulta algo más elevada en el sexo femenino. Esto puede deberse a que en las chicas el pliegue graso en esa zona es claramente superior (la media de ambos se diferencia en 9,18 mm); y esto unido a que, por el contrario, en los varones hay más desarrollo a nivel de músculo y/o hueso hace que el perímetro del muslo tienda a igualarse en las dos series. Por último, si se atiende a los resultados obtenidos en los diámetros se observa que para todos ellos, esto es: bicondilar húmero y fémur, bicrestal, biacromial y los del tórax, las diferencias son significativas, siendo superiores los valores alcanzados en los chicos. Situación que refleja el mayor

desarrollo del componente esquelético en la citada serie. Este dimorfismo encontrado a favor del sexo masculino hay que tener en cuenta que es consecuencia, en última instancia, de la secreción de la hormona testosterona, la cual interviene en el metabolismo de las proteínas y aumenta el depósito de las sales cálcicas, propiciando así un desarrollo muscular y óseo más importante en los varones (Shephard, 1991; Marrodán *et al.*, 1995).

Los datos obtenidos tras aplicar la táctica Phantom (Ross y Wilson, 1974) indican así mismo diferencias significativas entre sexos, puestas de manifiesto a través de las distintas medias en las puntuaciones Z calculadas. La valía de este método radica en su capacidad para cuantificar las diferencias de proporcionalidad en las características antropométricas entre unos sujetos y otros. Los resultados van en la misma línea a los descritos anteriormente pero con ciertas diferencias que se describen a continuación. Así, se observa que con las puntuaciones Z no se detectan diferencias significativas y con las medidas directas antropométricas sí en dos diámetros (bicondilar fémur y bicrestal), un perímetro corregido (pantorrilla) y un pliegue (abdominal). Por otro lado, con las puntuaciones Z sí las hay pero en el otro caso no en un perímetro corregido (muslo) y un pliegue (subescapular).

Autores como Shephard *et al.* (1985) han constatado una tendencia a que el modelo Phantom (Ross y Wilson, 1974) exagere las diferencias a través de las puntuaciones Z. Sin embargo, en la muestra aquí estudiada, como se ha indicado en líneas precedentes, no se produce tal situación y, de hecho, las diferencias significativas son mas numerosas cuando se consideran a partir de los promedios

de las medidas antropométricas directas que cuando se valoran mediante las puntuaciones Z.

Partiendo de lo obtenido al aplicar la táctica Phantom (Ross y Wilson, 1974) hay que constatar que ambos sexos siguen un patrón característico. Destacando que en su confrontación, frente a dicho modelo, tienen diferencias significativas unido a una puntuación Z de signo distinto en las siguientes variables: pliegues tricipital (z11), muslo frontal (z15) y pantorrilla (z16), y en el perímetro del muslo (z20), siendo en todos ellos  $Z > 0$  en mujeres y  $Z < 0$  en varones; al contrario,  $Z > 0$  en varones y  $Z < 0$  en mujeres, ocurre en los diámetros bicondilar del húmero (z1), biacromial (z6) y torácicos (z7 y z9), así como para el perímetro del tórax (z19). Además, se observa que para las citadas variables las diferencias entre las medias de las puntuaciones de ambas series son de las más elevadas. Por lo tanto, estas variables marcan a nuestro entender en mayor grado el dimorfismo sexual a las edades del presente estudio.

En el trabajo realizado por Kerr *et al.* (1995), en el que se emplea esta misma táctica aunque a edades un poco inferiores, los resultados corroboran lo anteriormente expuesto, ya que también se obtiene un marcado dimorfismo en los pliegues del tricipital, muslo y pantorrilla, disminuyendo en subescapular, supraespinal y abdomen. Si bien hay que tener en cuenta que en el citado estudio y en ambos sexos las puntuaciones Z son negativas, esto es debido a que es una muestra de atletas por lo que la presencia del componente graso es baja. En cuanto a los perímetros y diámetros, Kerr *et al.* (1995) constatan también marcadas diferencias entre sexos, siendo Z de signo contrario,  $Z > 0$  en varones y  $Z < 0$  en



mujeres, para el diámetro del tórax y bicondilar del húmero, así como para la circunferencia del tórax. Sin embargo a diferencia de la muestra aquí analizada el diámetro biacromial en ambos sexos es  $Z > 0$ , si bien, los datos son concordantes ya que en varones el valor es altamente superior al que presentan las mujeres, donde la puntuación aunque no es negativa se aproxima a cero.

Para concluir este apartado se valoran los dos indicadores de adiposidad que se han calculado, como son el índice de masa corporal (I.M.C.) y el de cintura-cadera (I.C.C.). El primero de ellos es de gran utilidad para establecer la condición nutricional y el segundo es de los mas utilizados para determinar el posible riesgo de enfermedad cardiovascular. Las categorías que establecen para el I.M.C. organismos como la OMS (1998) y la SEEDO (2000) parten de que valores menores a  $18,5 \text{ kg/m}^2$  son indicativos de insuficiencia ponderal o peso insuficiente, mientras que mayores a  $25 \text{ kg/m}^2$  suponen sobrepeso, y si se superan los  $30 \text{ kg/m}^2$  obesidad. Teniendo estos criterios en cuenta, se puede decir que para el conjunto de los sujetos aquí muestreados la condición nutricional es óptima, ya que muy pocos individuos están por debajo del límite inferior y ninguno se encuentra dentro de la categoría de obesos.

En cuanto al índice cintura-cadera Bray (1989) estableció unos rangos para analizar la distribución de la grasa centrípeta, verificando si existe un patrón de tipo androide o ginoide. En este sentido, se consideran como valores normales los inferiores a 1 y a 0,8 en varones y mujeres respectivamente. En el caso de superar dichas puntuaciones el sujeto se encontraría en una situación de riesgo a padecer

desórdenes relacionados con patologías coronarias. En los individuos estudiados se constata que en los varones nunca se supera el valor de 1, mientras que en las mujeres en muy pocos casos se sitúan por encima del 0,8. Por lo que puede decirse que para la generalidad de la muestra la distribución de grasa, valorada a partir del índice cintura-cadera, presenta unos valores que se hallan dentro de lo que se considera como una condición morfofisiológica y nutricional adecuada.

#### 4.2. COMPOSICIÓN CORPORAL MEDIANTE ANTROPOMETRÍA

La antropometría es una técnica que desde hace tiempo ha sido ampliamente validada y utilizada. Si bien una de sus principales limitaciones radica en la toma de los pliegues, ya que su uso se basa en que son constantes la comprensibilidad del pliegue, el grosor de la piel, así como, la distribución y porción lipídica del tejido adiposo. También añade dificultad el hecho de que se estima la grasa total a partir de la presente en el tejido subcutáneo, porque se considera que ésta es proporcional a la grasa corporal, y así mismo, se asume que los sitios seleccionados para las medidas son representativos de toda la adiposidad cutánea. Aunque, no ha sido establecida la completa veracidad de ambas premisas (Clarys *et al.*, 1984; Lukaski, 1987; Fernández *et al.*, 1999).

Obviamente, todos estos aspectos comentados van a influir en el cálculo de la composición corporal en todas las ecuaciones antropométricas que se fundamentan en la medida del grosor de los pliegues, como las aquí utilizadas.

Otro problema radica en la elección de la ecuación que calcule el porcentaje de grasa a partir de los pliegues subcutáneos medidos, ya que se han contabilizado

más de cien desarrolladas a partir muestras con características muy diversas, esto ilustra la limitación que hay a la hora de pasar del valor de los pliegues a la grasa total en función de la ecuación y de la población de partida (Ellis, 2001).

Pese a lo indicado en líneas precedentes, hay que remarcar que en el presente trabajo el empleo de esta técnica resultó ser sencillo, rápido, y no supuso ningún inconveniente para los sujetos muestreados. Esto hace que la antropometría ocupe un lugar muy importante a la hora de valorar el estado nutricional de un individuo, si bien, a fin de mejorar, se siguen diseñando protocolos para reducir los errores dentro de la misma (Ulijaszek y Kerr, 1999; Wang *et al.*, 2004).

Comenzando con la discusión de los resultados obtenidos con la táctica Phantom (Ross y Wilson, 1974) hay que indicar lo siguiente. Este método ha sido utilizado principalmente en deportistas a fin de establecer diferencias en las proporciones corporales en dichos sujetos (Hebbelinck *et al.*, 1980; Ross *et al.*, 1982; Ross y Ward, 1984; Ross y Kerr, 1991; Pacheco, 1993a; Kerr *et al.*, 1995; Romero, 1997; García y Alayón, 1999; Pacheco y Canda, 1999; Sánchez *et al.*, 2003; Rivera, 2006), pero no ha sido demasiado validado en población normal, es decir, no deportista (Jéquier *et al.*, 1977a,b; Pacheco, 1993a; Pacheco y Canda, 1999; Callejo *et al.*, 2004). Para la muestra aquí estudiada se obtiene que en las puntuaciones Z medias, denominadas así porque se calculan a partir del conjunto de variables que contribuyen a una determinada masa parcial, en la mayoría de ellas, Z media ósea (z5), residual (z10) y muscular (z22), hay diferencias significativas a favor del sexo masculino. Esto traducido en términos de masas parciales, calculadas a partir del fraccionamiento tetracompartimental de Drinkwater y Ross (1980), basado en

Phantom (Ross y Wilson, 1974), produce que haya también puntuaciones significativamente mayores en varones para la masa ósea, muscular y residual. Situación distinta tiene lugar para la grasa, donde la puntuación Z media ( $z_{17}$ ) es significativamente superior en las mujeres, no detectándose este tipo de diferencias para la masa grasa (9,73 kg en mujeres, 9,31 kg en varones). Datos parecidos se recogen en el trabajo efectuado por García y Alayón (1999), cuya muestra posee edades similares al presente estudio y aunque emplea un fraccionamiento con cinco componentes está fundamentado en la táctica Phantom, en el mismo, también hay diferencias significativas a favor de los varones para todas las masas parciales no encontrándose para la grasa.

Estos resultados parecen indicar que el método no estima correctamente el componente graso, por lo que se plantea la posibilidad de que lo subestime en lo referente al sexo femenino, y por eso la media de masa grasa se acerca a la de los varones, este hecho ha sido remarcado en otras investigaciones (Pacheco y Canda, 1999; Callejo *et al.*, 2004). La causa de lo observado es seguramente consecuencia de que Phantom está basado en la comparación con unos estándares comunes a ambos sexos, es decir, es un modelo unisexual, y que por tanto no refleja con total precisión el mayor componente graso que presentan las mujeres. Hay que tener en cuenta que en él se utilizan seis pliegues para el cálculo de la masa grasa y que el porcentaje de la citada masa en el modelo se sitúa en 18,78%.

Si bien, hay que señalar que cuando se comparan las masas parciales en términos de porcentajes, en los que cada masa parcial se refiere a la total del individuo, sí se aprecian diferencias significativas entre sexos en todas ellas,

incluida la masa grasa. Esto es debido a que el peso total estimado en la serie femenina es mucho menor que el de los chicos, y por ello, la masa grasa representa un porcentaje considerablemente superior en las mujeres, que la hace distanciarse del que posee el sexo masculino (17,65% frente a 13,46%). Luego quizás en este tipo de comparativa es más acertado usar porcentajes, ya que reflejan con más fidelidad la realidad, es decir, el dimorfismo sexual en todas las masas parciales, correspondiendo la diferencia más acusada para la grasa. Dicho de otra forma para evitar la influencia del factor tamaño se calculan los porcentajes a partir del valor absoluto estimado.

Para terminar con el fraccionamiento a nivel de diferencias entre sexos hay que indicar que, ya sea en kilogramos o en porcentaje, cada componente contribuye de manera distinta a la morfología del individuo. De tal forma que en varones la constitución viene dada de mayor a menor cantidad por la presencia de los componentes: muscular-residual-óseo-graso, mientras que en mujeres es de: muscular-residual-graso-óseo. Hay por tanto un claro dimorfismo sexual teniendo la masa grasa una mayor presencia que la ósea en la constitución del cuerpo femenino, mientras que en uno masculino cuantitativamente es superior la ósea a la grasa. Además, hay que destacar que el dimorfismo sexual para el peso marcado con la balanza es muy similar al encontrado al estimar el peso con Phantom (diferencia entre medias de 13,97 kg y 14,45 kg, respectivamente).

Prosiguiendo con este método de fraccionamiento hay que indicar que se ha contrastado comparando el peso estimado por el mismo, a partir de la suma de las masas parciales, con el obtenido en la balanza. Los coeficientes de correlación

resultantes entre ambos pesos son significativos y de elevado valor, lo que representa una aceptable predicción por parte del método de fraccionamiento y una validación del mismo. En concreto, en varones el coeficiente de Pearson es de 0,92 y en mujeres de 0,94, puntuaciones similares, desde 0,95 hasta 0,99, se obtienen en los estudios de composición corporal basados en esta táctica de: Ross y Kerr (1991), Pacheco (1993a) y García y Alayón (1999). En el trabajo de Ross y Kerr (1991) se recogen también los resultados de la aplicación del fraccionamiento de cinco componentes a la muestra de cadáveres de Clarys *et al.* (1984). Los coeficientes de correlación entre lo obtenido de la disección con lo predicho por el modelo son: 0,71 en la masa residual, 0,79 para el hueso, 0,84 en el tejido adiposo y 0,94 para el músculo, los autores concluyen que este método de proporcionalidad muestra una gran exactitud en la predicción de masas tisulares.

Pese a las altas correlaciones entre el peso en balanza y con Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) hay que indicar que los promedios encontradas en el presente estudio para dicha variable son inferiores con Phantom, si bien, sólo son significativas las diferencias entre ambos pesos para el sexo femenino (54,64 kg frente a 57,74 kg). Esto concuerda con los resultados anteriores, en los que se mencionó la posibilidad de que el método subestimase el componente graso principalmente en lo referente a las mujeres, y por eso en este sexo es donde el peso con Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) se distancia más del medido en la balanza. En concreto, las diferencias entre uno y otro son mayores a medida que el valor de la variable aumenta, es decir, son más elevadas en el grupo de individuos con percentil para el peso mayor a 75.

A esta misma conclusión se llega si se aplica el procedimiento gráfico Bland y Altman (1986), con el que se detallan más los resultados de la comparación peso balanza-Phantom, por ejemplo, permite observar a partir de las figuras que para ambos sexos las mayores diferencias se dan en individuos de elevado peso. Por último hay que reseñar, que aunque la correlación que se calculó entre el peso por balanza y por Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) era elevada, esto no significa que entre ambos la concordancia sea siempre óptima, ya que en este caso la gráfica muestra que esto es cierto sólo cuando el peso de los individuos no es muy alto. Lo cual es indicativo de que las diferencias entre métodos están influidas por la magnitud de la variable.

Los porcentajes de grasa obtenidos por el conjunto de las ecuaciones de antropometría: Phantom (Drinkwater y Ross, 1980), Durnin y Womersley (1974) con Siri (1961), y Yuhasz (1974), parecen estar en concordancia con la idea planteada anteriormente. Según la cual por el modelo tetracompartimental, basado en la táctica Phantom (Ross y Wilson, 1974) y desarrollado por Drinkwater y Ross (1980), se subestima el componente graso en las mujeres. Ya que para el citado sexo los valores son los más bajos de los tres, mientras que en varones esto mismo no se observa, siendo su valor intermedio a los otros dos calculados (Durnin y Womersley, 1974, y Yuhasz, 1974). Así mismo, Ross y Kerr (1991) consideran que el modelo desarrollado por ellos, de cinco componentes y basado también en la táctica Phantom de Ross y Wilson (1974), muestra una buena eficiencia en el cálculo de masas fraccionales, especialmente en el cálculo de la ósea y la muscular, pero que para la grasa hay una ligera subestimación en mujeres y sobrestimación en varones. También remarcen Pacheco y Canda (1999) tras aplicar este fraccionamiento a una

amplia muestra que aunque con este modelo hay una buena correlación entre el peso con la balanza y el peso esto no indica necesariamente que la distribución de masas parciales sea exactamente igual a la que se ha estimado, y que la táctica empleada empeora en individuos con un peso corporal elevado.

Los coeficientes de correlación entre los porcentajes de grasa, para las tres ecuaciones antropométricas y los dos sexos, son en todas las comparaciones significativos y elevados, por lo que el fraccionamiento de Drinkwater y Ross (1980) parece ser tan óptimo como las otras ecuaciones empleadas para determinar la composición corporal. No obstante, los coeficientes no reflejan hasta que punto hay similitud entre las expresiones antropométricas utilizadas.

Detallando más los resultados hay que tener en cuenta que las medias de los porcentajes de grasa descritos a través de las fórmulas de Yuhasz (1974) presentan más semejanza con Phantom (Drinkwater y Ross, 1980), mientras que difieren notablemente de los de Durnin y Womersley (1974), los valores del porcentaje de grasa de éste último son siempre los más elevados de entre los tres calculados. Se ha de remarcar que en todos se estiman a partir del mismo tipo de variable que son los pliegues subcutáneos, sin embargo, quizás son los de Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) y Yuhasz (1974) los que más se ajustan a la realidad, ya que aplican seis pliegues (iguales en ambos) frente a los únicamente dos de Durnin y Womersley (1974), y por ello cabe pensar que recogen con mayor precisión la grasa acumulada tanto en la periferia como en el tronco.

Los coeficientes de correlación calculados para el porcentaje de grasa por Yuhasz (1974) y Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) son de los más altos en ambos



sexos, y son los que presentan una mayor concordancia tras aplicar el método Bland y Altman (1986). En concreto, las diferencias son distintas según el sexo, siendo el porcentaje de grasa mediante Yuhasz (1974) en relación a Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) más elevado en las mujeres y al contrario sucede en los varones. En ambos casos las mayores concordancias entre métodos se obtienen cuando el porcentaje de grasa es bajo, y no hay un sexo en el que claramente haya mayor concordancia ya que la media de la diferencia es más cercana a cero en mujeres pero el intervalo de concordancia es menor en varones.

Del contraste con Yuhasz (1974) y teniendo en cuenta lo obtenido anteriormente, al comparar el peso en la balanza con el resultante por Phantom (Drinkwater y Ross, 1980), se refuerza el hecho de que este método de fraccionamiento subestima la masa grasa, aunque sólo en mujeres. Además hay que añadir que cuando en la citada serie el porcentaje de grasa y el peso son de valor elevado hay más diferencias, o peores concordancias, entre: peso balanza-Phantom y porcentaje de grasa Yuhasz-Phantom, siendo siempre las puntuaciones para las citadas variables más bajas con este último. Por tanto el método Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) en las chicas infravalora más el porcentaje de grasa cuanto más alta es esta variable y posiblemente en consecuencia el peso total.

Ahora bien, en varones también hay peor predicción en individuos con peso y porcentaje de grasa elevado, pero en este caso no parece que se subestime la grasa con Phantom (Drinkwater y Ross, 1980), ya que el porcentaje de la misma es siempre mayor que con Yuhasz (1974), mientras que el peso sí suele ser menor con Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) que con la balanza. Luego que al estimar el peso

por la citada táctica de fraccionamiento se aleje de lo obtenido con la balanza, principalmente a medida que aumenta el peso, si es a causa de que se subestime un componente concreto no parece ser debido a la grasa. En definitiva esta peor concordancia, tanto en chicas como en chicos, en individuos con peso y porcentaje de grasa elevado es posiblemente consecuencia de que en estos sujetos más se alejan sus puntuaciones de todas las constantes teóricas establecidas por la táctica Phantom, y en definitiva, empeora el fraccionamiento calculado.

Por otro lado, para la fórmula desarrollada por Durnin y Womersley (1974) hay que considerar que aunque con el resto de las expresiones antropométricas los coeficientes de correlación, en el porcentaje de grasa, son elevados y significativos esta ecuación es la que muestra peores concordancias con las demás. En concreto, sus altos porcentajes de grasa con respecto a las otras indican que puede sobrestimar dicho componente tanto en varones como en mujeres. Hay que remarcar que se ha obtenido que cuando más concuerda con el resto, y por tanto las diferencias entre métodos más se aproximan a cero, es en aquellos individuos que poseen un bajo porcentaje de grasa.

Anteriormente se ha comentado que la ecuación de Durnin y Womersley (1974) al partir sólo de dos pliegues puede predecir peor la grasa, no obstante, hay que indicar como aspectos positivos respecto a su obtención que se efectuó en muestras de población amplias y variadas (481 ingleses de 16-72 años), así como, que fue el primer caso en el que se aplicaron distintas constantes en la fórmula en función de la edad. Además de la usada en este trabajo se desarrolló al mismo tiempo otra empleando cuatro pliegues, obteniendo que entre ambas no había

diferencias significativas (Marrodán *et al.*, 1995). Su validez ha sido establecida mediante multitud de trabajos de composición corporal (Lohman, 1981; Lukaski, 1987; Núñez *et al.*, 1994; Valtueña *et al.*, 1996; López *et al.*, 1997; García-Lorda y Salas-Salvadó, 1999; Bretón *et al.*, 2000).

Respecto a las ecuaciones de predicción de grasa basadas en un cierto número de pliegues hay que indicar que en el artículo de Lohman (1981) se sugiere que empleando dos o tres la estimación de dicha masa es adecuada. Aunque se remarca la importancia de que entre ellos estén los del tricipital, muslo y abdominal, ya que son los que muestran más asociación con la densidad en varones; así como que es importante incluir el suprailíaco y subescapular en las mujeres. Precisamente estos cinco, junto con el de la pantorrilla, se incluyen en las ecuaciones de Yuhasz (1974) y Phantom (Drinkwater y Ross, 1980). En este mismo sentido en el estudio de Scherf *et al.* (1986) obtienen resultados más óptimos con ecuaciones que añaden pliegues como los del muslo y el abdomen, fórmula de Jackson y Pollock (1978) en varones y Jackson *et al.* (1980) en mujeres, que con otras que no los incluyen, entre ellas emplean la de Durnin y Womersley (1974) (de cuatro pliegues). En el mismo se remarca la importancia de la inclusión de los citados pliegues principalmente en población adulta, donde la acumulación de grasa en esas zonas del cuerpo es mayor. Por último, el trabajo de Canda *et al.* (1993) muestra como la ecuación de Yuhasz (1974) destaca, de entre un conjunto de expresiones similares, por ser la que más correlaciona con los sumatorios de pliegues; además, pone de manifiesto la heterogeneidad en los resultados para el porcentaje de grasa según la expresión que se use (las medias oscilan entre 10,44%

y 24,80%). En base a esto, diversos autores remarcan que a fin de poder comparar resultados entre trabajos distintos es importante indicar el valor del sumatorio de pliegues (o al menos dar el valor medio de todos los pliegues), ya que esto es invariable mientras que el porcentaje de grasa depende obviamente de la ecuación utilizada (Lohman, 1984; Heyters, 1987; Lohman *et al.*, 1988; Canda *et al.*, 1993).

También hay que indicar que en el uso de la expresión de Durnin y Womersley (1974) puede influir que tras calcular la densidad para hallar el porcentaje de grasa se ha usado posteriormente la fórmula de Siri (1961), mientras que en otras no es necesario su empleo porque valoran directamente dicho componente. En la misma se asume que la grasa tiene una densidad constante de 0,90 g/ml y la masa libre de grasa (FFM) de 1,10 g/ml, aunque como ya se manifestó en capítulos anteriores esto no es del todo cierto; ya que por ejemplo el estado de hidratación de la FFM puede hacer variar su densidad (el agua tiene baja densidad frente a proteínas y minerales), y el agua contenida en el citado compartimento no es constante variando por causas múltiples como durante el crecimiento (Boileau *et al.*, 1984). Luego de alguna forma también puede estar influyendo en que los resultados obtenidos sean peores. Además, tras aplicar a individuos con una densidad de un valor de 1,1 g/ml fórmulas como la de Siri (1961) o similares se ha obtenido que le corresponde un porcentaje de grasa del 0%. Caso este último que puede suceder en individuos con una gran estructura osteomuscular, y que marca las limitaciones de este tipo de expresiones antropométricas (Ross *et al.*, 1980; Martin, 1984).

Así mismo, Canda *et al.* (1993) al calcular el porcentaje de grasa por Durnin y Womersley (1974), de cuatro pliegues y aplicando después Siri (1961), y por Yuhasz (1974) obtuvieron que con el primero de ellos los porcentajes eran claramente más altos que con el segundo. En todas estas comparaciones comentadas influye notablemente con que método se contraste la ecuación de Durnin y Womersley (1974). A este respecto hay que decir que, además de los mencionados, ciertos trabajos como los de Sinning y Wilson (1984) y Wilmore *et al.* (1994) han destacado que dicha ecuación sobreestima el porcentaje de grasa, mientras que en otros se ha obtenido lo contrario, es decir, que la infravalora (Elia *et al.*, 1990; Fulcher *et al.*, 1991; Teran *et al.*, 1991).

La similitud existente entre Phantom (Drinkwater y Ross, 1980), Durnin y Womersley (1974) con Siri (1961), y Yuhasz (1974) ya se ha puesto de manifiesto, pero para saber hasta que punto los resultados obtenidos por estas ecuaciones son intercambiables hay que tener en cuenta los criterios de la SEEDO (1995) y los establecidos por Lean *et al.* (1996) y Martín *et al.* (2001). Según los cuales sólo pueden considerarse los resultados de dos expresiones intercambiables cuando la media de la diferencia para el porcentaje de grasa se sitúa entre el  $\pm 1,4\%$  y los límites del intervalo de concordancia entre el  $\pm 10\%$ , dentro del procedimiento gráfico Bland y Altman (1986).

La única que cumple ambas condiciones es la de Yuhasz (1974) al comparar con la de Phantom (Drinkwater y Ross, 1980), aunque sólo para el sexo femenino, excediéndose un poco en la media de la diferencia para el masculino; si bien el bajo intervalo resultante en este sexo muestra a nuestro entender que la concordancia

es bastante buena. Hay que remarcar que pese a que con Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) se pueda subestimar la grasa en mujeres el porcentaje de la misma es altamente concordante con lo obtenido por Yuhasz (1974).

En el resto de las comparaciones entre las expresiones antropométricas los datos no son intercambiables, ya que las medias de las diferencias no se encuentran entre el rango citado en ninguna de las series. Para los límites del intervalo hay que señalar que en varones sí se sitúan dentro del  $\pm 10\%$ , pero por el contrario, en mujeres los límites para las comparaciones Siri-Yuhasz y Phantom-Siri superan el rango establecido como óptimo.

#### 4.3. COMPOSICIÓN CORPORAL POR BIOIMPEDANCIA

Tal y como se ha indicado en apartados anteriores numerosos autores a través de sus investigaciones han validado el método de la bioimpedancia, bipolar y tetrapolar, desde sus comienzos hasta la actualidad (Segal *et al.*, 1985; Kushner y Schoeller, 1986; Lukaski *et al.*, 1986; Segal *et al.*, 1988; Deurenberg *et al.*, 1989a,d,e; Houtkooper *et al.*, 1989; Deurenberg *et al.*, 1990a; Lohman, 1992; Núñez *et al.*, 1997; Kida *et al.*, 1999; Jartii *et al.*, 2000; Pichard *et al.*, 2000; Heyters y Hein, 2002; Bunc *et al.*, 2003; Dittmar, 2003; Lukaski y Siders, 2003; Dittmar, 2004; Mueller *et al.*, 2004). Entre todos ellos hay que destacar el trabajo de Segal *et al.* (1988) ya que aplica esta técnica a una muestra de gran amplitud en número y edad ( $n = 1557$ , 17-62 años) y además realiza la medición en cuatro laboratorios distintos. En la actualidad destaca por ser uno de los procedimientos más utilizados en estudios de composición corporal (Buchholz *et al.*, 2004).

En cuanto a la toma de datos hay que resaltar que es una técnica muy rápida, sencilla, y no invasiva para el sujeto muestreado, además sólo requiere situar cuatro electrodos en lugares muy concretos por lo que se reduce el error en la medida. No obstante, hay que remarcar que su principal limitación es que está basada en algunas premisas que no son del todo exactas, ya que se considera al cuerpo humano como un conductor cilíndrico con las siguientes características: de longitud la estatura, con un área que es constante, así como que la cantidad y distribución de agua también lo son.

En primer lugar hay que indicar que la variación que un individuo experimenta de un día a otro en los niveles de impedancia es baja (de media 13  $\Omega$ ), lo que hace disminuir considerablemente el error en la predicción de la masa libre de grasa. Ese pequeño cambio es causado por modificaciones en el volumen de agua y en su ubicación, producido por ejemplo por la movilización de los almacenes de glucógeno (Deurenberg *et al.*, 1988). Así mismo, se ha constatado que la proporción de agua intracelular y extracelular puede suponer un factor importante, siendo determinante la que se encuentra en el interior de las células, ya que el tipo y cantidad de electrolitos que tiene disueltos da lugar a una alta resistencia (Cohn, 1985; Deurenberg *et al.*, 1989c). En este sentido de especial importancia va a tener el grado de hidratación y mineralización que tiene el sujeto cuando va a ser medido, ya que el factor que limita realmente la capacidad conductiva de un organismo es el número de electrolitos del agua.

En definitiva, el método puede presentar problemas aunque principalmente cuando se desea seguir variaciones en la composición corporal a nivel individual, en

este caso la medida de la bioimpedancia por segmentos, en extremidades y tronco, puede proporcionar mayor información (Toselli y Gualdi-Russo, 1999; Lukaski 2000). También se ha constado la importancia de emplear distintas frecuencias, ya que a valores comprendidos entre 1-5 kHz la corriente eléctrica no se introduce por el interior celular, mientras que a medida que ésta se va incrementando la oscilación se hace más rápida y el flujo eléctrico penetra en las células, en tal caso, la técnica sirve para determinar agua extracelular (ECW) e intracelular (ICW) (Van Loan *et al.*, 1983; Segal *et al.*, 1991; Van Loan y Mayclin, 1992; Deurenberg *et al.*, 1996; Gualdi-Russo *et al.*, 1997a; Schoeller, 2000). Así mismo, nuevas variaciones como el uso de esta técnica para valorar la masa muscular regional (Lukaski, 2000) y la bioimpedancia espectroscópica (BIS) (Thomas *et al.*, 1992; Van Loan y Mayclin, 1992) se están desarrollando de un tiempo a esta parte y ofrecen más perspectivas en este campo.

Por otro lado, hay que añadir que al pasar del agua corporal total a la masa libre de grasa se asume que la cantidad de agua en FFM es constante, no obstante, Wang *et al.* (1999b) hacen una revisión en la que aunque se apoya dicha constancia ponen de relieve algunas limitaciones, ya que los niveles de grasa y la edad, entre otros, son factores que influyen. No obstante, en global, los errores en la predicción de FFM derivados de la aplicación de técnicas de bioimpedancia son similares a los obtenidos usando ecuaciones derivadas de pliegues subcutáneos (Houtkooper *et al.*, 1996).

Por último, remarcar que una de las principales controversias del método radica en que los coeficientes de regresión de las ecuaciones de bioimpedancia



varían notablemente entre estudios, cada investigador subraya lo adecuado de su fórmula pero no establece en base a que se diferencia de otras desarrolladas con anterioridad (Deurenberg *et al.*, 1990c), si bien posteriormente se discuten algunas de las posibles razones no está claro el porqué de esta heterogeneidad. Además, pese al elevado número existente en la actualidad se siguen desarrollando nuevas ecuaciones de BIA (Sun *et al.*, 2003), que según los autores de las mismas muestran una alta predicción, ya que están basadas en muestras amplias y heterogéneas ( $n = 1824$ , edades entre 12 y 94 años), pero que tras ser aplicadas en otras poblaciones no cumplen esas expectativas y no parecen ser tan idóneas (Trippo *et al.*, 2004).

Con respecto a los resultados del presente trabajo se observa una mayor y significativa resistencia o bioimpedancia al paso de la corriente en el sexo femenino, condición que se corresponde con lo constatado en la bibliografía citada para la presente técnica. Esta diferencia indica una mayor presencia de componentes poco conductores en las mujeres, tal es el caso de la masa grasa. Los porcentajes de ésta obtenidos por Phantom (Drinkwater y Ross, 1980), Durnin y Womersley (1974) y Yuhasz (1974) así lo manifiestan, ya que siempre son significativamente más elevados en la serie femenina. Este tejido al tener baja proporción de agua, 20-25% (Azael *et al.*, 2003), conduce mal la electricidad, por el contrario, los porcentajes de masa muscular en varones son significativamente mayores a los de las mujeres, corroborado por el fraccionamiento Phantom (Drinkwater y Ross, 1980), y este componente es altamente conductor al poseer elevadas cantidades de agua. En concreto, en la FFM (que es mayoritariamente

tejido muscular) se ha estimado que hay una hidratación mas o menos constante de 0,73 litros por cada kilo de masa (Wang *et al.*, 1999b).

Antes de comenzar con el fraccionamiento de la técnica de BIA hay que recordar lo anteriormente indicado con respecto al rango de variación del porcentaje de masa grasa obtenido del estudio de cadáveres (apartado 1.1.2.2.), según el cual esta masa se sitúa en un sujeto entre el 10,9% y el 27%. Para la presente muestra se han obtenido siempre puntuaciones comprendidas entre esos valores al emplear las ecuaciones antropométricas, sin embargo no ocurre lo mismo con las de bioimpedancia, donde los valores son más bien bajos y en varones sólo se supera el citado porcentaje al aplicar las ecuaciones de Deurenberg *et al.*<sup>1-2</sup> (1990b y 1991). Además, se aproximan las dos proporcionadas por Lukaski y Bolonchuk (1988) y la de Segal *et al.* (1988), al tener un porcentaje medio siempre mayor a un 9% en varones y a un 15% en mujeres. Éstas son por tanto a nuestro entender las que dan un fraccionamiento más adecuado, por lo menos en lo referente a poblaciones con características semejantes a las de este estudio.

En otros trabajos ya se ha constatado que en comparación con otros métodos la bioimpedancia subestima el componente graso (Helenius *et al.*, 1987) o que sobrestima en obesos e infravalora en delgados (Segal *et al.*, 1985; Khaled *et al.*, 1988). Esto último ha llevado a proponer distintas ecuaciones de BIA en función del nivel de grasa corporal (Segal *et al.*, 1988; Gray *et al.*, 1989), si bien, el efectuar esto presenta el inconveniente de que requiere determinar previamente el porcentaje de grasa de la muestra por medio de otra técnica. Segal *et al.* (1988) recomiendan usar pliegues subcutáneos, en concreto, la ecuación de cuatro pliegues

de Durnin y Womersley (1974), si bien, respecto a las fórmulas desarrolladas por dichos autores cabe precisar que en la muestra aquí analizada se ha puesto de manifiesto que por lo menos la de dos pliegues tiene ciertas limitaciones.

Volviendo a la técnica de BIA, se ha indicado que puede subestimar la grasa con la edad, a consecuencia de que al disminuir la masa ósea aumenta la proporción de agua en la masa libre de grasa (Durnin y Womersley, 1974; Mazess, 1982), de ahí la importancia de incluir como variable el término de edad en las ecuaciones o desarrollar distintas para cada rango de edad. En definitiva, se ha constatado en repetidas ocasiones la necesidad de desarrollar expresiones adecuadas a cada subgrupo poblacional, en función de características como: edad, grasa, sexo y actividad física (Van Loan y Mayclin, 1987; Segal *et al.*, 1988; Gray *et al.*, 1989; Deurenberg *et al.*, 1990a; Rising *et al.*, 1991; Lohman, 1992). También es importante tener en cuenta la etnicidad, en población negra la ecuación de Lukaski *et al.*<sup>3</sup> (1986) sobreestima la grasa (Sparling *et al.*, 1993), en este caso parece ser causa, entre otras, de que las diferencias en la resistencia de la piel hacen variar la impedancia. Por ello hay que tener en cuenta que todas las ecuaciones usadas en la muestra aquí estudiada han sido desarrolladas en caucásicos, y aunque en el presente trabajo se ha obtenido que con algunas de ellas los resultados son óptimos esto no significa que estimen adecuadamente la grasa en el resto de sujetos, siendo necesario consultar otras específicas para cada tipo de población (Tanaka *et al.*, 1992; Stolarczyk *et al.*, 1994; Borgonha *et al.*, 1997).

Tampoco hay que olvidar que también influye el método de comparación con el que se extrajeron las ecuaciones (DEXA, RMS, pesada hidrostática...). No

obstante, pese a que se intenten homogeneizar al máximo todas las condiciones citadas se obtienen valores distintos en cada trabajo, no habiendo una uniformidad al respecto y siendo ésta sin duda alguna una de las principales limitaciones.

Con respecto a las empleadas en la muestra aquí analizada hay que decir lo siguiente, en el artículo de Eckerson *et al.* (1997) aplican a mujeres gimnastas las ecuaciones de Deurenberg *et al.* (1991), Segal *et al.* (1988) y Lohman (1992), siendo ésta última la que consideran es la más adecuada. No está por tanto en concordancia con lo obtenido aquí, donde con Lohman (1992) a nuestro entender se obtiene un porcentaje de grasa demasiado bajo, principalmente en varones (5,85%). Pero hay que tener en cuenta que el citado artículo se efectúa en gimnastas, que precisamente al tener un bajo porcentaje de grasa puede que sea la expresión de Lohman (1992) la que mejor determine su composición corporal. Por otro lado, Jenkins *et al.* (1993) al utilizarlas, algunas de ellas, a una muestra heterogénea de mujeres de amplio rango de edad (20-72 años) señala como óptimas las de Segal *et al.* (1988) y Lohman (1992), considerando algo peor los resultados obtenidos por Gray *et al.* (1989). Así mismo, Stolarczyk *et al.* (1997) en un trabajo efectuado en una amplia muestra de mujeres (372) y varones (230) de 18 a 72 años de edad y de etnicidad diversa obtienen que las ecuaciones de BIA proporcionadas por Segal *et al.* (1988) se encuentran entre las más adecuadas, ya que con ellas hay menos error en la predicción de FFM que con otras también empleadas en el presente trabajo (en concreto, Lukaski y Bolonchuk, 1988; Gray *et al.*, 1989; Deurenberg *et al.*, 1991; Lohman, 1992). Por otro lado, la de Lukaski *et al.*<sup>3</sup> (1986) y las dos de Deurenberg *et al.* (1990b y 1991) también han sido validadas

en otros trabajos (Lukaski *et al.*, 1986; Jackson *et al.*, 1988). En cualquier caso hay que subrayar de nuevo que las características del tipo de población en la que se han aplicado las ecuaciones, así como del método con el que se han comparado, son determinantes para escoger unas u otros como las más adecuadas.

De la comparativa establecida entre las ecuaciones de bioimpedancia empleadas en este estudio, solamente se ha hecho entre algunas, se observa que los coeficientes de correlación para el porcentaje de grasa entre ellas son elevados. Sin embargo, como ya se ha remarcado con anterioridad las medias que se obtienen para dicha variable con cada una de las expresiones son muy distintas. La explicación a las altas correlaciones hay que buscarla en que todas las ecuaciones de regresión se obtienen partiendo del valor de la bioimpedancia y siguen una pauta común; son una serie de variables que se multiplican por constantes y entre ellas se suman o restan, es probable que por esta razón los datos correlacionen elevadamente.

No obstante, esto no es sinónimo de alta concordancia y de hecho entre las expresiones empleadas ésta no siempre es buena, ya que las medias de las diferencias para el porcentaje de grasa salen muy distintas según la ecuación con la que se compare. En este sentido el método Bland y Altman (1986) ofrece información importante sobre la concordancia, así por ejemplo ha mostrado que ésta es alta, para ambos sexos, entre las ecuaciones de Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (1991) con: Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (1990b), Lukaski y Bolonchuk<sup>1-2</sup> (1988), Segal *et al.* (1988); así como entre la de Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> (1988) con: Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (1991),

Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (1990b), Holtain, Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup> (1988) y Segal *et al.* (1988).

Los intervalos de concordancia y las medias de las diferencias entre ellas, es decir, en las cuatro comparaciones de Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (1991) y en las cinco de Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> (1988), se encuentran cercanos a los valores que establecen la Sociedad Española de Obesidad (SEEDO, 1995) y los estudios de Lean *et al.* (1996) y Martín *et al.* (2001), que son medias de las diferencias comprendidas entre  $\pm 1,4\%$ . En algunas de las citadas los valores lo sobrepasan, ya que van desde  $-3,80\%$  (Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> con Deurenberg *et al.*<sup>2</sup>, en varones) a  $3,62\%$  (Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> con Holtain, en mujeres) pero son a nuestro entender las más concordantes porque los límites del intervalo si están comprendidos entre el  $\pm 10\%$ , en concreto, oscilan entre  $-8,54\%$  (Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> con Deurenberg *et al.*<sup>2</sup>, en varones) y  $10,01\%$  (Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> con Holtain, en mujeres) para el conjunto de todas las comparaciones anteriormente indicadas. En conclusión, los datos no son en todas las comparaciones intercambiables ya que sí cumplen lo indicado para los límites del intervalo pero no para la media de la diferencia, no obstante, hay que tener en cuenta una cierta flexibilidad, partiendo de que factores como el número de individuos muestreados pueden influir. En cualquier caso la concordancia es elevada, y del hecho de que con estas ecuaciones la media de grasa tenga un valor dentro de unos valores adecuados, unido a la buena concordancia entre ellas da lugar a pensar que pueden ser hasta cierto punto comparables los resultados obtenidas entre su uso. Como ya se ha indicado solamente se han contrastado entre sí algunas ecuaciones de BIA, y en función de lo obtenido conviene recalcar

que si se desean comparar datos procedentes de expresiones distintas es importante establecer el grado de concordancia entre las mismas.

Una vez establecidas algunas diferencias y similitudes entre ellas conviene revisar las quince ecuaciones empleadas (ver material y métodos) para analizar algunas de las características que tienen las cinco ecuaciones que mejores resultados parecen dar. Ya se ha dicho que éstas son: Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (1991), Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (1990b), Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> (1988), Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup> (1988) y Segal *et al.* (1988), en concreto, en su comparativa se observa lo siguiente. Por un lado, da igual partir del dato de impedancia o de resistencia, el aparato usado en este estudio da impedancia sin embargo la única ecuación que parte de este valor, que es la de Holtain, no se encuentra entre las que mejores resultados da, si bien si ha mostrado buena concordancia con Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> (1988). El método a partir del cual se ha convalidado la ecuación ha sido en unas ocasiones isotópico y en otros a partir de la densidad, hay que destacar que en la de Boulier *et al.* (1990) se empleó el método de desplazamiento de agua, y un aparato de dos electrodos en vez de cuatro, es por ello, que al aplicarla es la que da resultados más discordantes.

Por otro lado, el tamaño muestral del que se obtuvo la ecuación es de los más altos en Segal *et al.* (1988) y en las de Deurenberg *et al.* (1990b y 1991), no así en las dos de Lukaski y Bolonchuk (1988) que se consiguieron a partir de pocos individuos. En la de los dos primeros autores a partir de la expresión matemática se halla FFM y en las otras TBW, luego no parece tampoco que influya demasiado la limitación de usar una constante para pasar de TBW a FFM. Así mismo, en unas se

usa la expresión " $Ht^2/R$ ", es decir, "estatura<sup>2</sup>/impedancia", como en las dos de Deurenberg *et al.* (1990b y 1991) y en las dos de Lukaski y Bolonchuk (1988), mientras que en otras se emplea " $Ht^2-R$ " como sucede en la de Segal *et al.* (1988).

En definitiva hay una considerable heterogeneidad, ahora bien, hay que hacer notar que en todas ellas se combina el valor de bioimpedancia con variables antropométricas como son peso y estatura, además de que también se incluye la edad y de que son distintas las ecuaciones dadas para cada sexo. Parece pues que este tipo de datos complementan al valor de la resistencia permitiendo así que los valores del porcentaje de grasa sean más óptimos. Hay que destacar que el peso y la estatura son las medidas que se utilizan para el cálculo del I.M.C. que es un contrastado indicador de adiposidad. De todas las variables citadas a nuestro entender no parece ser que la edad influya tanto, pues en la expresión de Deurenberg *et al.* denominada como 2 no se incluye dicho término mientras que en la nombrada como 1 sí, sin embargo las diferencias entre ellas no son muy destacables. Ahora bien si es importante tener presente la edad de los sujetos de estudio cuando se pretenda usar una expresión obtenida en población adulta a una muestra de jóvenes, o viceversa, porque sí puede haber un cálculo erróneo de la masa grasa; ya que para empezar la distribución de agua intracelular y extracelular entre dichos grupos de población varía (Deurenberg *et al.*, 1989c,d). A todo esto hay que señalar que es posible que cuando el rango de edad sea amplio, en este estudio es estrecho (18-25), pueda ser más determinante introducir su valor. Por ello se debe optar por este tipo de expresiones a diferencia de otras que no tienen en cuenta dicha variable como por ejemplo la de Lukaski *et al.* (1986).



En cuanto a la inclusión del sexo en la ecuación predictiva tampoco parece ser tan influyente, según Kushner y Schoeller (1986) se obtiene un resultado parejo si se aplica la misma ecuación a mujeres y varones que si se utiliza una distinta para cada serie.

En relación a la inclusión de variables antropométricas, dos de los autores anteriormente mencionados como son Segal *et al.* (1985 y 1988) y Lukaski *et al.* (1985 y 1986) consideran que el valor de la resistencia es el que mejor predice FFM, pero en ningún momento recogen la importancia que cumple en esa predicción las otras variables que incluyen en sus ecuaciones, estas son: edad, peso y estatura. Diversos trabajos, entre los que se encuentran los de Hodgson y Lawlor (1985), Lawlor *et al.* (1985), Guo *et al.* (1987), Sinnig *et al.* (1987), Van Loan y Mayclin (1987), Jackson *et al.* (1988), Diaz *et al.* (1989), Mazess (1990) y Eckerson *et al.* (1992), han calculado ecuaciones de regresión múltiple para predecir FFM a partir de distintos datos y han obtenido que son precisamente las citadas variables antropométricas las que más contribuyen al cálculo de FFM. Y en concreto, que las altas correlaciones entre las ecuaciones de bioimpedancia y otros métodos son debidas a la inclusión de estatura, peso, edad y sexo, por ello estos autores se cuestionan hasta qué punto la impedancia o resistencia sirve para valorar FFM. No obstante muchos otros, Lukaski *et al.* (1985 y 1986), Kushner y Schoeller (1986), Kushner *et al.* (1992) y Houtkooper *et al.* (1996), consideran que el parámetro que mejor predice el agua corporal total (TBW), y en consecuencia la composición corporal, es el índice "estatura<sup>2</sup>/impedancia", si bien, están de acuerdo en que incluyendo el peso, la edad y el sexo del individuo la predicción mejora. Además,

destacar que ciertos autores (Houtkooper *et al.*, 1996; N.I.H., 1996; Buchholz *et al.*, 2004) han indicado que es más adecuada la técnica de BIA para valorar la adiposidad en grupos que en individuos, y que precisamente en grupos es más sensible para determinar medias de adiposidad que otros parámetros antropométricos como el I.M.C. (Houtkooper *et al.*, 1996). Por último, se ha llegado a plantear que el método de BIA valora mejor, tanto a nivel individual como grupal, la FFM cuando se combina con algún pliegue y circunferencia (Piers *et al.*, 2000).

#### 4.4. COMPOSICIÓN CORPORAL A PARTIR DE CREATININA

Se ha constatado la dificultad del presente método, por un lado, al recoger la orina, ya que supone una cierta molestia para el sujeto de estudio el tener que llevarse un recipiente y traerlo otro día, en este sentido hay que decir que aunque la colaboración fue alta en algunos casos no se proporcionó la muestra. Además, dicho inconveniente se hubiera incrementado notablemente si se hubiera recogido, tal y como se recomienda en la bibliografía consultada (material y métodos), la orina de las 24 horas y de un mínimo de tres días, procedimiento que por tanto no resulta factible en estudios de carácter poblacional. Por otro lado, en relación al protocolo seguido y a la determinación de creatinina efectuada hay que considerar los aspectos que se detallan a continuación.

En cuanto a la técnica colorimétrica empleada para calcular la creatinina en orina parece tener una alta fiabilidad, en función de los resultados obtenidos con el coeficiente de Johnston (1986), si bien puede resultar algo laboriosa. No obstante existe un autoanalizador, no usado en este estudio pero que en la mayoría de

trabajos consultados lo utilizan, que realiza de manera automática la reacción de Jaffé con una alta precisión (Boileau *et al.*, 1972), y que obviamente permite reducir considerablemente el tiempo de análisis.

Cabe mencionar el grado de heterogeneidad observado en la concentración entre las dos muestras de orina solicitadas a cada sujeto; en ocasiones la cantidad de creatinina resultó ser muy similar en ambas mientras que en otras fue considerablemente distinta, no existiendo la esperada tónica común. Para un mismo individuo la diferencia en la cantidad de creatinina entre ambas muestras ha oscilado desde 0,01 g a 2,74 g, lo que denota una amplia variabilidad. En principio si la creatinina se expulsa en cantidades más o menos constantes debería haber valores similares en las dos muestras, si no ocurre así puede ser debido a que ciertos factores entre los cuales se incluye en primer lugar la ingestión de agua son determinantes. De hecho en este estudio se observó en repetidas ocasiones que para un mismo individuo una de las muestras estaba mucho más diluida que la otra. Quizá la excreción sigue una pauta más constante si se recoge la orina total a lo largo de varios días, lo que no sucede en el presente estudio.

En relación a esto último, hay que tener en cuenta que no es lo mismo partir del volumen de orina total que escoger dos muestras y a partir de ese dato estimar la cantidad global excretada en un día, ya que cada sujeto puede eliminar un volumen considerablemente diferente. En concreto, en la muestra aquí analizada se ha considerado que de media se expulsan 1250 ml diarios (ver material y métodos), aunque numerosos parámetros como la temperatura ambiente, el ejercicio físico y la ingestión de comida y bebida influyen notablemente en este valor (Clark, 1992).

De hecho otros autores en cuyas muestras se recoge la orina de 24 horas obtienen cifras inferiores, con promedios de 1100 ml (Gualdi-Russo *et al.*, 1997b). Partir de la primera cantidad va a influir en que la creatinina estimada y su coeficiente pueden estar algo elevados, y, en consecuencia, también la masa libre de grasa (FFM) calculada a partir de ella. No obstante, el multiplicar por uno u otro número no repercute en el valor del coeficiente de correlación hallado entre el metabolito excretado y los otros métodos de composición corporal.

En definitiva, todos estos inconvenientes metodológicos se reducen trabajando con la orina de 24 horas y de varios días, lo que, como ya se ha comentado, entraña una dificultad enorme cuando el número de individuos analizados es alto y se efectúa un estudio de campo. De hecho, en la gran mayoría de trabajos que determinan creatinina la muestra es de sujetos hospitalizados donde obviamente las condiciones para la recogida son óptimas, entre otras cosas porque también se controla fácilmente la dieta. Sin embargo, se debe vigilar el tipo de patología por la que el individuo se halla ingresado. En resumen, diversos autores (Bleiler y Schedl, 1962; Heymsfield *et al.*, 1983; Santana *et al.*, 2003) consideran que los factores preanalíticos para valorar creatinina son muy difíciles de normalizar, y esto dificulta el uso de este método bioquímico. Si bien, a pesar de los condicionamientos que presenta, se decidió incluirlo con el objetivo de valorar hasta que punto los resultados son satisfactorios.

Los rangos normales de excreción de creatinina en orina han sido establecidos en adultos (Heymsfield *et al.*, 1983; Pemberton y Gastineau, 1988; Modi y Hutton, 1990; Wang *et al.*, 1996; Welle *et al.*, 1996), así como en niños y

adolescentes (Trowbridge *et al.*, 1982; Liappis y Reimnitz, 1984; De Santo *et al.*, 1987; Chen *et al.*, 1994; Sweid *et al.*, 1997; Boye *et al.*, 2002). La media de excreción diaria en la muestra analizada ha resultado ser de 1,85 g en varones y de 1,49 g en mujeres, lo que está en consonancia con una mayor cantidad de masa muscular en los chicos. Estos valores han sido muy próximos a los reseñados por Welle *et al.* (1996), realizado en 24 jóvenes estadounidenses, que fueron en concreto de 1,87 g y 1,55 g en varones y mujeres respectivamente. El valor obtenido en otros trabajos efectuados en población adulta reportan medias inferiores, de 1,46 g (Wang *et al.*, 1996) y 1,60 g (Mendez *et al.*, 1984) ambos en series masculinas.

Las desviaciones en las medias de creatinina estimadas para la muestra aquí analizada son muy elevadas, hay que tener en cuenta que este parámetro estadístico proporciona una medida de la variabilidad o dispersión de una serie de datos. En otros trabajos, como los citados de Wang *et al.* (1996) y Welle *et al.* (1996) resulta mas baja a pesar de que en ambos estudios se dispone de una muestra muy pequeña (de 15 a 23 individuos). Esta variabilidad encontrada en la eliminación de creatinina entre individuos también se pone de manifiesto por los mínimos y máximos hallados, con los que queda remarcado que existe una gran amplitud en la excreción, y que superan a las referencias dadas para población adulta por Pemberton y Gastineau (1988) (apéndice III) y Barreto *et al.* (2003).

En consonancia a esto, Wang *et al.* (1996) proporcionan variaciones diarias en la excreción para un mismo individuo que oscilan entre el 4,6% y el 9,8%. Datos similares alcanzando incluso un máximo del 20% son indicados por Bleiler y Schedl

(1962), Greenblatt *et al.* (1976), Ransil *et al.* (1977), Lukaski y Mendez (1980) y Lykken *et al.* (1980), esta amplia oscilación es atribuida a diversos factores que pueden controlarse (ejercicio, dieta...) aunque también es consecuencia del proceso renal, ya que en el riñón la creatinina además de filtrada es secretada y precisamente esta última cantidad no sería indicativa de la masa muscular (Meterson, 1971; Shemesh *et al.*, 1985). En la muestra aquí analizada no se dispone de este dato porque sólo se recogió la orina de un día, pero como ya se ha señalado entre las dos muestras tomadas en cada sujeto se observa una amplia variabilidad.

En cuanto al coeficiente de creatinina (mg de metabolito expulsado por kg de peso) la media obtenida es similar en ambas series, sólo ínfimamente superior en varones (26,19 mg/kg y 26,02 mg/kg), en los dos casos es un poco elevado en relación a los datos indicados para los trabajos de Easthamn (1985) y Pemberton y Gastineau (1988) (material y métodos). El coeficiente va a salir alto, entre otras posibles causas, si la excreción de creatinina también lo es, luego una explicación posible es que a diferencia de los citados artículos la orina no es de varios días. A esto hay que añadir que los individuos no han seguido una dieta libre de carne, ni han suprimido el ejercicio físico, parámetros que influyen notablemente, tal y como se señaló en material y métodos. Respecto a este coeficiente no se han encontrado diferencias significativas entre ambos sexos, esto puede deberse a que aunque las mujeres excretan menos cantidad de creatinina su coeficiente aumenta al tener un peso corporal inferior a los varones.

La creatinina es un indicativo de la masa muscular, es corriente encontrar en la bibliografía que la equivalencia entre creatinina y masa muscular es de 17-20

kg de músculo por g de creatinina. Las expresiones empleadas en este estudio si bien utilizan constantes de este orden son muy diversas, eso sí, todas ellas son ecuaciones de tipo lineal. Hay que recordar que unos autores dan expresiones para estimar la masa muscular libre de grasa (FFWM), y otros para la masa muscular total (WWM) o la masa libre de grasa (FFM). A fin de homogeneizar los resultados todo se ha expresado como esta última, teniendo en cuenta los factores de conversión, si bien esta variedad ha limitado su cálculo y los resultados dados son sólo aproximativos. De ellos se extrae que las medias para FFM varían ampliamente en función de la expresión empleada. Con algunas de éstas se ha podido observar alta concordancia, por el método Bland y Altman (1986), en concreto, entre Forbes y Bruining<sup>1-2</sup> (1976), Forbes<sup>3-4</sup> (1987) y Kriesberg *et al.* (1970).

#### 4.5. ANTROPOMETRÍA FRENTE BIOIMPEDANCIA

Como resumen de lo anteriormente señalado para estas dos técnicas hay que decir que la bioimpedancia tiene como ventaja que sólo requiere situar cuatro electrodos en posiciones bien definidas, luego se reduce el error entre observadores frente a otras que como en este caso la antropometría requiere más destreza (Jackson *et al.*, 1988). No obstante, aunque esto es cierto, ya se ha indicado que otros factores que afectan a la toma de la bioimpedancia, tales como la posición del sujeto o el estado de hidratación, son condicionantes importantes que no deben descuidarse. Además, hay que añadir que por medio de la técnica de BIA no se puede obtener información de la distribución de la grasa corporal mientras que por antropometría sí, aunque la medición de BIA por segmentos

puede mejorar los resultados (Fuller y Elia, 1989). Por último, remarcar que mientras que la antropometría está basada en medidas a nivel regional para estimar la composición corporal total, la técnica de impedancia eléctrica sí está basada en una medida global (Lukaski *et al.*, 1986).

De la comparación entre las tres ecuaciones de antropometría con todas las expresiones de bioimpedancia se destaca lo siguiente:

Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) y bioimpedancia: la media de la diferencia para el porcentaje de grasa obtenida al restar a las puntuaciones de Phantom las de bioimpedancia siempre es positiva en varones. Indicativo por tanto de que para el conjunto de la muestra el citado método antropométrico supera a lo hallado por las expresiones de bioimpedancia, mientras que en mujeres hay tres casos en que la media de la diferencia es negativa, aunque de valor no muy alto, para la ecuación de Segal *et al.* (1988) y las dos de Deurenberg *et al.*<sup>1-2</sup> (1990b y 1991). Por tanto, se puede decir que en general se obtienen resultados para el porcentaje de grasa más altos con Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) dicho de otro modo la bioimpedancia tiende a subestimar la grasa respecto a la citada técnica antropométrica. Si en mujeres hay algunas ecuaciones de bioimpedancia que superan al valor de Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) mientras que en varones esto mismo no se obtiene. Hay que tener en cuenta que esto es porque como ya se comentó este método antropométrico tiende a subestimar la masa grasa en dicho sexo, por lo que es lógico que para esta serie algunos resultados se acerquen más a lo calculado por bioimpedancia.



El estudio de los coeficientes de correlación entre ecuaciones muestra que la correlación siempre es significativa, aunque si se atiende a la clasificación de Jiménez (1994) (material y métodos) la concordancia va de mediocre a moderada en todas las comparaciones efectuadas. Al aplicar el método Bland y Altman (1986) las medias de las diferencias están comprendidas entre el rango  $\pm 1,4\%$ , si bien los límites de los intervalos de concordancia son elevados, es decir, no están incluidos entre el  $\pm 10\%$ , luego en ningún caso los datos entre las ecuaciones pueden considerarse intercambiables. Hay que hacer notar que los resultados obtenidos por muchas de las ecuaciones para BIA se alejan notablemente de los antropométricos, siendo las de que poseen intervalos y medias que denotan más concordancia para ambos sexos: las dos de Deurenberg *et al.* (1990b y 1991), las dos de Lukaski y Bolonchuk (1988) y Segal *et al.* (1988). De las figuras se extrae que en todos estos casos hay una mayor concordancia para valores de grasa intermedios, mientras que para puntuaciones bajas de esta variable con Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) se obtiene más (diferencias positivas) y para altas lo contrario (diferencias negativas). Luego si observando las medias de las diferencias del porcentaje de grasa se ha indicado que en general con las ecuaciones de bioimpedancia se obtiene menos, hay que puntualizar que esto es cierto para el conjunto de la muestra, pero que en sujetos con niveles altos de grasa lo obtenido por las citadas ecuaciones de BIA supera lo calculado con Phantom (Drinkwater y Ross, 1980).

Durnin y Womersley (1974) con Siri (1961) y bioimpedancia: para el conjunto de la muestra los porcentajes de grasa con esta ecuación antropométrica siempre

son superiores a los dados por bioimpedancia, las medias de las diferencias al restar a Siri (1961) los porcentajes de bioimpedancia son para ambos sexos positivos. Teniendo en cuenta la comparación anterior esto es lógico, ya que con Siri (1961) se obtienen también valores mayores a los del fraccionamiento antropométrico por Phantom (Drinkwater y Ross, 1980). Sin embargo, los coeficientes de correlación muestran una concordancia entre bioimpedancia y la expresión de Durnin y Womersley (1974) algo superior, ya que en mujeres hay resultados en el CCI que superan al valor de 0,71, lo que indica en dichos casos concordancia buena según la clasificación de Jiménez (1994).

Respecto al método Bland y Altman (1986) los límites del intervalo de concordancia nunca están comprendidos entre el rango  $\pm 10\%$ , y los más cercanos son peores a los obtenidos en la comparación con Phantom (Drinkwater y Ross, 1980), es decir, hay menos similitud entre bioimpedancia y Durnin y Womersley (1974). En cuanto a la media de la diferencia denota también peor concordancia ya que nunca está incluida en el intervalo  $\pm 1,4\%$ . Las que dan mejores concordancias para ambos sexos corresponden, como al comparar con Phantom (Drinkwater y Ross, 1980), a las dos ecuaciones de Deurenberg *et al.* (1990b y 1991), Segal *et al.* (1988) y a las dos de Lukaski y Bolonchuk (1988). La correlación entre las variables de los ejes de las gráficas indican que las diferencias no son al azar sino que siguen un patrón de mayor concordancia entre métodos para valores de grasa altos, es decir, en dichos casos la variable estimada por bioimpedancia se acerca a la valorada por la citada ecuación antropométrica. Aunque siempre se obtienen

valores más altos con Durnin y Womersley (1974), combinado con Siri (1961), que con las expresiones de bioimpedancia.

En relación a esta comparación hay que indicar que en el trabajo realizado por Rivas *et al.* (2004) la concordancia estimada entre la ecuación de Durnin y Womersley (1974), combinado con Siri (1961), con la expresión de BIA de Deurenberg *et al.* (1991) resultó alta. Ya que la media para la diferencia en el porcentaje de grasa fue inferior al 1% y los límites más estrechos que el  $\pm 10\%$ . Si bien este trabajo se diferencia en que es efectuado sólo en mujeres, de edades superiores a 25 años, y la ecuación que se emplea es la de cuatro pliegues, y no la de dos como la aquí se ha utilizado. Por el contrario, Urrejola *et al.* (2001) concluyen que hay falta de concordancia para el porcentaje de grasa entre BIA, hallado con Deurenberg *et al.* (1991), y antropometría, estimado a través de la ecuación de pliegues de Slaughter *et al.* (1988). Ya que la media de la diferencia se sitúa en el 5,1%, si bien hay que indicar que el estudio se realiza sólo en chicas en edad juvenil. Por último, en el artículo de Garcia *et al.* (2005) en una muestra de población adulta también obtienen que la expresión de Durnin y Womersley (1974) al compararla con la técnica de DEXA muestra escasa concordancia, ya que las puntuaciones para el intervalo de concordancia (de -21,4% a 18%) se encuentran lejos del requerido  $\pm 10\%$ .

Yuhasz (1974) y bioimpedancia: las medias de las diferencias para el porcentaje de grasa obtenidas al restar a esta expresión antropométrica los valores resultantes por bioimpedancia son positivas para la mayoría de las comparaciones. Tal situación es indicativa de que, para el conjunto de la muestra,

con esta expresión antropométrica se obtiene un valor superior. Lo contrario, es decir, medias de las diferencias negativas, sólo se han hallado en los siguientes casos: en varones para la ecuación de Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (1990b), y en mujeres además de ésta hay que sumarle la de Segal *et al.* (1988). Los coeficientes de correlación oscilan entre valores muy similares a los obtenidos de la comparación de la bioimpedancia con la expresión de Durnin y Womersley (1974), siendo a veces en el sexo femenino superiores a 0,71 e indicativos de concordancia buena (según criterio de Jiménez, 1994).

Al aplicar el método Bland y Altman (1986) se encuentran varias medias de las diferencias comprendidas entre el rango  $\pm 1,4\%$ , esto sucede principalmente en mujeres y al comparar con las expresiones de Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (1991), Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (1990b), Segal *et al.* (1988), y se aproxima en las dos de Lukaski y Bolonchuk (1988). Además para las tres primeras los límites de los intervalos de concordancia están comprendidos entre el  $\pm 10\%$ , indicativo de que los datos son intercambiables. En varones sin embargo no se puede decir lo mismo, ya que para todas las comparaciones se supera el rango para los límites del intervalo de  $\pm 10\%$ . Para las cinco ecuaciones de bioimpedancia indicadas en las figuras se observa que la correlación entre ejes es indicativa de que las diferencias no son al azar, sino que siguen un patrón de mayor concordancia para valores de grasa intermedios. Por lo que respecta a puntuaciones bajas de grasa con el método antropométrico se obtiene más (diferencias positivas) y para altas lo contrario (diferencias negativas). Estos resultados referentes al método Bland y Altman (1986) denotan una similitud con la comparativa efectuada anteriormente entre bioimpedancia y

Phantom (Drinkwater y Ross, 1980), que es lógica encontrar si se tiene en cuenta que entre estas dos ecuaciones antropométricas hay también bastante semejanza.

De la comparación general entre antropometría y bioimpedancia además de lo señalado en líneas precedentes se pueden extraer las siguientes cuestiones. El porcentaje de grasa por bioimpedancia, dependiendo de la comparación, suele ser parecido e incluso superior al de antropometría cuando los individuos tienen un elevado porcentaje de grasa. Se puede pensar que este comportamiento observado en la técnica de BIA en función del valor de la variable se deba a que en la mayoría de sus ecuaciones se introduce el peso del individuo, cuyo valor está influenciado por la cantidad de grasa, sin embargo hay ecuaciones como las de Holtain y Lukaski *et al.*<sup>3</sup> (1986) que no usan dicha variable y también se observa esta aproximación en los resultados de las dos técnicas al aumentar el porcentaje de grasa. Se ha indicado la posibilidad de que en los individuos obesos por BIA no se valore con total precisión la conductividad del agua contenida en el tronco, produciendo que se sobrestimase la cantidad de grasa; ya que se ha observado que cambios en la cantidad de agua en dicha zona no se detectan con la misma sensibilidad que si se produjesen en las extremidades (N.I.H., 1996). También se ha constatado que en las extremidades, principalmente en las superiores, debido a su menor área transversal el cuerpo presenta una mayor impedancia al paso de la corriente; de tal forma que el brazo representa aproximadamente un 4% del peso de un individuo sin embargo es el responsable del 46% de la impedancia total, medida a una frecuencia de 50 kHz (Fuller y Elia, 1989). Esto da lugar a que las extremidades tengan más importancia en la valoración de la predicción de grasa, produciendo que la citada

técnica valore peor la grasa en individuos obesos, y constituya un método menos apropiado para recoger pequeños cambios corporales en respuesta por ejemplo a una determinada dieta o ejercicio físico (Hodgdon *et al.*, 1996; N.I.H., 1996).

En lo referente a la muestra aquí analizada se puede decir que para individuos con valores medios de porcentaje de grasa la bioimpedancia es adecuada, mientras que para altos baja la precisión y sobretodo cuando peor estima dicha variable es en individuos delgados donde la infravalora bastante. Este comportamiento hace que para el conjunto de la muestra las medias para el porcentaje de grasa sean en general de bajo valor, y está en concordancia con resultados en los que se obtienen que la técnica de BIA subestima el componente graso (Helenius *et al.*, 1987) o que sobrestima en obesos e infravalora en delgados (Segal *et al.*, 1985; Khaled *et al.*, 1988). Por tanto por lo visto hasta ahora, es recomendable el uso de ecuaciones adecuadas al nivel de grasa corporal (tanto alta como baja) de los sujetos estudiados, ya que así los problemas para estimar adecuadamente la grasa en dichos individuos por la técnica de BIA se reducirían.

Otra cuestión a considerar es que al comparar antropometría con algunas ecuaciones de bioimpedancia, como son las de: Boulter *et al.* (1990), Kushner y Schoeller<sup>1-2</sup> (1986) y Van Loan *et al.*<sup>1-2</sup> (1990), los coeficientes de correlación son significativos, aunque hay que puntualizar que no se encuentran entre los más altos. En tal caso se puede concluir erróneamente que hay una buena concordancia con las ecuaciones de antropometría, no obstante, las medias en el porcentaje de grasa no indican esto (muy inferiores siempre con las citadas ecuaciones de bioimpedancia). Con el método Bland y Altman (1986) se muestra esta falta de similitud, por lo

tanto que un coeficiente de correlación sea significativo no es sinónimo de alta concordancia. Aunque su valor, siempre en comparación con otros y no de manera aislada, si puede dar una pista de donde se encuentran las mayores concordancias. En este sentido se observa que en algunas de las expresiones de BIA que se encuentran entre las que más se asemejan a las antropométricas según la comparativa Bland y Altman (1986), como son las ecuaciones de Segal *et al.* (1988) y las dos de Deurenberg *et al.* (1990b y 1991), se han obtenido los coeficientes de puntuación más elevada.

En cuanto a los datos encontrados en la bibliografía referentes a coeficientes de correlación hallados entre BIA y otros métodos son numerosos; por ejemplo por citar dos casos contrapuestos, en el artículo de Casanova *et al.* (2004) el valor de dicho coeficiente es de 0,95, al comparar medidas de pliegues y la ecuación de Deurenberg *et al.* (1991) por lo que los autores concluyen que posee una excelente correlación con los parámetros antropométricos. Por el contrario Evans *et al.* (1999) encuentran que la correlación entre la ecuación de bioimpedancia de Segal *et al.* (1988), de todas las que proporciona la desarrollada para individuos obesos, y la de Durnin y Womersley (1974) combinada con Siri (1961) es de 0,43. De valor significativo pero claramente inferior al anterior y más similar a los encontrados en la muestra aquí analizada. No obstante, por lo visto a lo largo del presente estudio hay que remarcar de nuevo que el coeficiente de correlación no marca la fiabilidad entre métodos, y en este sentido hay que destacar el trabajo de Panotopoulos *et al.* (2001). El cual compara DEXA con BIA y obtiene que las correlaciones entre ambos son altas, sin embargo, considera que los

datos de las mismas no pueden ser intercambiables porque al aplicar Bland y Altman (1986) los límites de concordancia no son del todo óptimos. También obtienen medias de las diferencias por encima del 1,4% en el trabajo de Fuller y Elia (1989), donde se comparan varias ecuaciones basadas en variables antropométricas, como la de pliegues de Durnin y Womersley (1974), junto con la expresión de impedancia de Holtain, con la densitometría.

En conclusión, partiendo de los datos de la comparación que se ha analizado, tanto en éste como en los anteriores apartados, hay que remarcar que efectivamente sólo entre algunas ecuaciones los datos se pueden considerar intercambiables, siendo el método gráfico Bland y Altman (1986) el que proporciona este tipo de información y no los coeficientes de correlación. Dichos autores han puesto de manifiesto en repetidas ocasiones (Altman y Bland, 1983; Bland y Altman, 1986, 1987, 1988 y 1995) lo inadecuado del uso de comparación de medias, o de correlaciones y regresiones para establecer la concordancia entre métodos o aparatos. Luego es más acertado no usar el término de concordancia al hablar de coeficientes de correlación, pese a que se emplea en algunas clasificaciones como la de Jiménez (1994), la cual inicialmente en el trabajo aquí presentado sí se ha tendido en cuenta.

Por su parte, el citado método gráfico se está empleando en los últimos años con gran frecuencia (Bland y Altman, 1992), para establecer cuando los resultados procedentes de aparatos que miden diferentes parámetros fisiológicos o ecuaciones que valoran la composición corporal son intercambiables (Fuller y Elia,



1989; Schultink *et al.*, 1992; Stolarczyk *et al.*, 1997; Clasey *et al.*, 1999; Fields y Goran, 2000; Lee *et al.*, 2000; Piers *et al.*, 2000; Yannakoulia *et al.*, 2000; Gómez *et al.*, 2001; Martín *et al.*, 2001; Treuth *et al.*, 2001; Urrejola *et al.*, 2001; Kaizu *et al.*, 2002; Fernández, 2003; Martín *et al.*, 2003; Parker *et al.*, 2003; Rivas *et al.*, 2004; García *et al.*, 2005). Hay que señalar que en estos trabajos en pocas ocasiones se obtienen que los porcentajes de grasa obtenidos por distintas técnicas (pliegues, DEXA, potasio total, TOBEC, BIA...) y/o ecuaciones sean intercambiables. Así como que también se está utilizando este procedimiento gráfico como herramienta para validar nuevas fórmulas antropométricas, que se están desarrollando para estimar componentes como por ejemplo la grasa (Peterson *et al.*, 2003; García *et al.*, 2005; Salazar *et al.*, 2005) y la masa muscular (Lee *et al.*, 2000).

Los autores de esta prueba de intercambiabilidad (Bland y Altman, 1986) con posterioridad a su desarrollo han remarcado la importancia de "plotear" las diferencias entre métodos contra la media, frente a otros investigadores que han sugerido representar en el eje X el valor de la variable obtenido sólo con uno de los métodos (Bland y Altman, 1995). Procedimientos similares se están proponiendo y empleando en la actualidad (Luiz *et al.*, 2003).

#### 4.6. CREATININA FRENTE ANTROPOMETRÍA Y BIOIMPEDANCIA

Las medias para la masa libre de grada (FFM) obtenidas por Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) bioimpedancia y creatina son muy diferentes en función

de las ecuaciones que se comparen. Partiendo del valor del citado método antropométrico entre las que dan medias más similares por bioimpedancia se encuentran obviamente las que tenían también los porcentajes de grasa más parecidos, éstas son: las dos de Deurenberg *et al.* (1990b y 1991), Segal *et al.* (1988) y las dos de Lukaski y Bolonchuk (1988). Dentro de las de creatinina las que más se asemejan a todas las anteriormente citadas son las de Talbot (1938), Kriesberg *et al.* (1970), las dos de Forbes y Bruining (1976) y las dos de Forbes (1987), alejándose considerablemente el resto.

Los coeficientes de correlación muestran baja correlación de la creatinina con el resto de los métodos. Antropometría (Phantom) y creatinina poseen coeficientes de correlación bajos pero significativos para ambos sexos, siendo de mayor valor al comparar con la masa muscular que con la masa libre de grasa. Mientras que con bioimpedancia sólo es significativa para el sexo masculino, si bien las puntuaciones alcanzan su máximo en 0,52, puntuación correspondiente a la ecuación de Holtain. Aunque en varones los valores no son muy altos (0,35-0,52) son similares a los encontrados entre las ecuaciones de antropometría y bioimpedancia (0,31-0,67). Pero en esta última comparación en las mujeres siempre se obtenían puntuaciones para dicho coeficiente más altas, sin embargo al comparar creatinina con el resto sucede lo contrario y son notablemente más bajas para el sexo femenino. En este diferente comportamiento, detectado en las comparaciones según el sexo, de alguna forma puede estar influyendo que en los varones al tener más masa muscular es posible que la creatinina se expulse en la orina a tasas más constantes, y por ello se determina con mayor exactitud, de

hecho las desviaciones estándar para la media de FFM (tabla 3.30) son considerablemente más bajas en los chicos. También es probable que simplemente se deba a que el número de varones muestreado es considerablemente diferente al de las mujeres, si bien, lo normal es que el aumento en el tamaño influya al contrario, y que en las mujeres, al ser más, disminuyesen las desviaciones y aumentasen los coeficientes de correlación.

En material y métodos se han citado diversos trabajos en los que se señala la correlación entre excreción de creatinina y masa muscular, pero hasta que punto correlacionan ambas variables es otra cuestión a ser tratada. Los resultados son muy variados, por ejemplo en algunos se constata que la masa muscular, determinada por DEXA, correlaciona débilmente ( $r = 0,57$ ) con la de creatinina y no lo hace con masa libre de grasa hallada por pliegues subcutáneos (Stewart *et al.*, 1993). En el trabajo de Remer *et al.* (2002) se obtiene que la FFM valorada a partir de pliegues y el citado metabolito sí correlacionan aunque más débilmente en chicas ( $r = 0,60$ ) que en chicos ( $r = 0,75$ ), al igual que sucede en la muestra aquí analizada. En contraposición Welle *et al.* (1996) señalan una correlación muy alta entre masa magra y creatinina en orina, al igual que Grogan *et al.* (1999) ( $r = 0,98$  y  $r = 0,86$  respectivamente), en ambos casos se utiliza como método para estimar la masa magra el isótopo potasio 40.

En cuanto al método Bland y Altman (1986) señala poca concordancia entre creatinina y las otras dos técnicas teniendo en cuenta los resultados que se indican a continuación. Al comparar Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) con las expresiones para creatinina de Kriesberg *et al.* (1970), Forbes y Bruining<sup>1</sup> (1976) y Forbes<sup>3</sup>

(1987) las medias de las diferencias no se alejan demasiado de cero, en varones. No obstante, la escasa concordancia es debida a los altos valores de las desviaciones para dicha media, los cuales producen unos intervalos de concordancia muy elevados. Lo mismo sucede al comparar las expresiones de creatinina con las cinco ecuaciones de bioimpedancia citadas anteriormente, Deurenberg *et al.*<sup>1-2</sup> (1990b y 1991), Segal *et al.* (1988) y Lukaski y Bolonchuk<sup>1-2</sup> (1988). En definitiva la alta heterogeneidad en las diferencias, es decir, en unas ocasiones se obtiene mucho más con un método y en otras lo contrario, son indicativas de una baja concordancia.

De lo anterior se deduce que para un individuo concreto salen estimaciones para la FFM muy dispares con creatinina y las otras técnicas, por eso también salen bajas las correlaciones halladas. Si bien, para el conjunto de la muestra con las expresiones de creatinina citadas se obtienen resultados para la media de la masa libre de grasa más o menos parejos con algunas de las ecuaciones de las otras técnicas. Además se ha constatado anteriormente que la media de excreción del citado metabolito recogida en este estudio es similar a la dada por otros autores.

Antes de nada hay que destacar que la mayoría de las ecuaciones empleadas en creatinina se han desarrollado a partir de una muestra muy pequeña y en muchos casos en niños o sólo en varones, por lo que hasta cierto punto no es de extrañar la baja concordancia al aplicar Bland y Altman (1986). Además ninguna ha sido obtenida comparando con antropometría o con bioimpedancia sino con TAC o métodos isotópicos. Por último, comparadas con las expresiones de otros métodos son muy sencillas, simplemente ecuaciones lineales que no tienen en cuenta ni sexo,

ni edad, ni peso, etc. De hecho en los estándares proporcionados por Pemberton y Gastineau (1988) (apéndice III) se observa que la excreción varía según el peso y la estatura. Así mismo, Forbes y Bruining (1976) pusieron de manifiesto lo inadecuado de utilizar una relación constante entre FFM y creatinina sin tener en cuenta factores como la edad, sexo, grado de madurez, entrenamiento físico y estado metabólico, y en los estándares propuestos se muestra que hay una mayor excreción al aumentar el peso y la estatura (Bistrrian, 1985; Pemberton y Gastineau, 1988; Barreto *et al.*, 2003).

Sin embargo, al margen de que las ecuaciones no sean del todo acertadas y que haya poca concordancia, hay que subrayar de nuevo que la correlación entre la excreción de creatinina en orina y la masa muscular o masa libre de grasa debe resultar significativa y de valor elevado, para ambos sexos. Por lo que la causa de que esto no sea así, hay que buscarla en la gran variabilidad intraindividual e interindividual encontrada en la excreción diaria de creatinina, en este trabajo se ha constatado indirectamente a través de las altas desviaciones estándar obtenidas en: la diferencia entre las dos muestras de cada individuo y en la media para la excreción.

En algunos de los trabajos en los que se ha encontrado alta correlación entre creatinina y masa muscular se controlan estrechamente factores preanalíticos como la dieta o el ejercicio físico, pero también hay que constatar que sus tamaños muestrales son muy pequeños (Mendez *et al.*, 1984; Wang *et al.*, 1996; Welle *et al.*, 1996). Por concretar la influencia de dichos factores hay que señalar que por ejemplo Bingham y Cummings (1985) obtienen que con una dieta

uniforme el coeficiente de variación de excreción de creatinina urinaria es del 4%, mientras que con una dieta con carne incrementa a un 23%. Heymsfield *et al.* (1983) da porcentajes de la influencia de cada factor: variación diaria normal 11-30%; ejercicio intenso 5-10%; estrés 5-10%; dieta 10-30%; ciclo menstrual 10-15%, etc. En este último artículo en relación al número de factores que influyen el autor se pregunta "¿la excreción de creatinina correlaciona con la masa muscular?" y considera que convertir la excreción de creatinina en masa muscular puede servir como una aproximación, pero no debe ser tomado como un valor definitivo. En este mismo sentido, en el trabajo de Proctor *et al.* (1999) aunque la correlación entre la excreción de creatinina y la masa muscular determinada por DEXA es alta ( $r = 0,81$ ) se clasifica a esta técnica como poco precisa frente a otras.

Lukaski (1996) plantea que la excreción de creatinina puede ser, en cierta medida, independiente de la composición corporal. Este último autor en un artículo posterior (Lukaski, 1997) subraya la limitación del empleo de metabolitos endógenos, como creatinina y 3-metilhistidina, para valorar la masa muscular. Por último, indicar que Santana *et al.* (2003) señalan como uno de los problemas en la falta de correlación hallada entre la excreción urinaria de creatinina y ciertos métodos (por ejemplo antropométricos e imagenológicos) el hecho de que éste cuantifica químicamente el tamaño del compartimento muscular esquelético (Wang *et al.*, 1996) mientras que los otros no.

Para concluir indicar que los resultados del presente trabajo parten del problema de que no se han podido controlar los factores que influyen en la

determinación de la creatinina, y se ha partido sólo de dos muestras, pero están en concordancia con la existencia de variabilidad en la excreción del citado metabolito. En este sentido cabe destacar que el método, por lo menos tal y como se ha llevado a cabo en este estudio, puede resultar útil sólo para determinar de manera aproximada la media de la excreción de creatinina en orina o de la masa muscular de un grupo y no para obtener el valor preciso de un individuo.


#### 4.7. VALORACIÓN FINAL

En la estimación de la composición corporal aquí realizada se puede decir que la antropometría muestra unos resultados óptimos con las tres ecuaciones empleadas, aunque con diferencias reseñables y a tener en cuenta en futuros estudios. Mientras que la realizada a través de la bioimpedancia aunque también es perfectamente válida es muy dependiente de las ecuaciones de regresión usadas. En este sentido, continuamente se proponen nuevas, algunas tan específicas como por ejemplo la desarrollada a partir de una muestra de bailarinas ( $n = 42$ ) por Yannakoulia *et al.* (2000). Así mismo, hay que remarcar la falta de comparación en la bibliografía entre esta técnica, relativamente reciente, con la ampliamente validada y utilizada de antropometría, y por ello, la importancia de haberlo hecho en este estudio, tal y como ya ha sido recomendado con anterioridad por diversos organismos (N.I.H., 1996).

Se ha podido observar a lo largo de este apartado que en las tres técnicas aquí recogidas se utilizan relaciones constantes entre componentes, como por ejemplo: la constante de hidratación de FFM, la relación de TBW y FFM, y entre

creatina en orina con la masa muscular. Si bien, dichas relaciones dejan de cumplirse en ciertas situaciones, en concreto, cuando actúan parámetros como edad, sexo, ejercicio físico, dieta, etnicidad.... En este sentido, la técnica de creatinina en orina parece ser la que requiere unas condiciones más exigentes en la toma de las muestras, y por tanto, presenta menos utilidad a la hora de efectuar un estudio de campo. Siendo en consecuencia los resultados derivados de su aplicación menos óptimos que lo inicialmente planteado.





## **5. RESUMEN Y CONCLUSIONES**



## **5. RESUMEN Y CONCLUSIONES**

La estimación de la composición corporal es una buena herramienta para la valoración de la condición nutricional. Dado que en la actualidad los problemas relacionados con la malnutrición por defecto o por exceso están aumentando en los países emergentes y desarrollados, la aplicabilidad de la composición corporal en el diagnóstico de tales desórdenes es de plena vigencia.

Este tipo de análisis se viene empleando desde hace tiempo habiéndose desarrollado, hasta la fecha, diversos procedimientos que tienen fundamentos teóricos distintos y para los que se han propuesto numerosas expresiones matemáticas. Tal situación conduce a una heterogeneidad en los resultados que genera cierta confusión y limita las comparaciones entre estudios epidemiológicos. De hecho, los investigadores y profesionales de la salud se plantean dudas respecto a que material, técnica y ecuación emplear a la hora de abordar el análisis de la composición corporal tanto a nivel clínico o individual como poblacional. Para intentar responder en parte a estas cuestiones y establecer unas recomendaciones básicas se plantea el presente trabajo.

Con la finalidad ya comentada se escogieron tres tipos de técnicas: antropometría, bioimpedancia y excreción de creatinina. Se seleccionaron en cada caso algunas de las ecuaciones más ampliamente difundidas en la literatura científica, teniendo en cuenta las características de la población objeto de estudio. Para el contraste de resultados se utilizaron también varios procedimientos estadísticos: los coeficientes de correlación de Pearson e intraclass y el método

gráfico elaborado por Bland y Altman (1986). Del presente trabajo se pueden extraer las siguientes conclusiones:

↓ Los datos proporcionados por el coeficiente de correlación de Pearson (R) y el intraclass (CCI) son parecidos, y aunque una puntuación alta puede ser indicativa de una similitud entre métodos ninguno de los dos proporciona información sobre el grado de concordancia, además de que su valor no tiene interpretación biológica. El concepto de correlación lineal no es igual que el de grado de acuerdo o concordancia, y para establecer si dos métodos proporcionan datos intercambiables hay que estimar este último. Ya que se ha constatado que dos procedimientos pueden tener en las correlaciones valores elevados pero mostrar mala concordancia.

↓ El método gráfico de intercambiabilidad desarrollado por Bland y Altman (1986) permite extraer información detallada y precisa sobre la fiabilidad o concordancia, y establecer si los datos procedentes de distintos métodos, o dentro del mismo de diferentes ecuaciones, son intercambiables. Así mismo, posibilita discernir si la similitud entre los datos se da siempre, nunca o sólo para determinados valores de la variable, estableciendo en que medida las diferencias entre métodos están influidas por la magnitud de la variable. Hay que tener en cuenta que a los coeficientes un cambio de escala no les afecta mientras que a este método sí, por lo que influyen las unidades del parámetro a estudiar.

↓ El criterio señalado por la SEEDO (1995), Lean *et al.* (1996) y Martín *et al.* (2001) para que los datos procedentes de dos ecuaciones que proporcionan

porcentaje de grasa sean intercambiables son muy estrictos. Al utilizar el método Bland y Altman (1986) para dicha variable se requiere que la media de la diferencia esté comprendida entre el  $\pm 1,4\%$  y los límites del intervalo dentro del rango de  $\pm 10\%$ . En el presente estudio no hay ningún caso en el que exactamente se cumpla para los dos sexos. Esto es hasta cierto punto lógico, ya que hay que tener en cuenta que el término intercambiable significa que da igual usar una u otra expresión porque por las dos se obtienen resultados parejos. No obstante, el citado método independientemente de que indique si los valores son o no intercambiables resulta útil para establecer el grado de similitud existente entre unas ecuaciones y otras. Así mismo, cuando una determinada expresión matemática muestra una alta concordancia, con otras ampliamente contrastadas, esta información puede permitir validar su uso en una población concreta.

✚ La táctica Phantom (Ross y Wilson, 1974) permite ajustar variables antropométricas a unas constantes dadas por el modelo y calcular así desviaciones respecto al mismo. Esto hace que se pueda usar como escala de referencia, y a partir de las puntuaciones Z estimadas buscar diferencias entre distintas series, como por ejemplo las establecidas entre sexos en este estudio. Donde se ha obtenido que el dimorfismo sexual se marca principalmente con las puntuaciones Z de las variables: pliegue tricipital, muslo frontal y pantorrilla; perímetro del muslo y tórax; diámetros bicondilar del húmero, biacromial y torácicos.

✚ El método tetracompartimental desarrollado por Drinkwater y Ross (1980) y basado en Phantom, ha proporciona por un lado, un fraccionamiento adecuado de la composición corporal, existiendo alta correlación y buena

concordancia por Bland y Altman (1986) entre el peso calculado por el mismo y el obtenido en la balanza. Si bien, esta similitud empeora cuando el peso del individuo es elevado. Por otro lado, se ha obtenido que los varones presentan puntuaciones significativamente superiores para todas las masas parciales (medidas en kg), excepto para la grasa donde sólo se obtienen diferencias de carácter significativo al comparar porcentajes y son a favor del sexo femenino. Además, el peso con Phantom es significativamente inferior al obtenido con la balanza sólo en las chicas. Teniendo todo lo anterior en cuenta, junto a los resultados de la comparación con las otras expresiones antropométricas, se llega a la conclusión de que este método tiende a subestimar el componente grasa en las mujeres.

↓ Entre las expresiones antropométricas existe alta concordancia en el porcentaje de grasa, por Bland y Altman (1986), para las ecuaciones de Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) y Yuhasz (1974). El patrón de las diferencias entre ellas es distinto según el sexo, pero en ambos casos hay menos concordancia en los individuos con elevado porcentaje de grasa. Partiendo del criterio anteriormente señalado se pueden considerar los datos procedentes de ambas como intercambiables. Aunque hay que puntualizar lo siguiente, que si bien los límites de concordancia se encuentran para ambos sexos dentro de los considerados óptimos, en varones se supera ligeramente la media de la diferencia establecida.

↓ Las medias de las diferencias para el porcentaje de grasa se alejan considerablemente del rango  $\pm 1,4\%$  al comparar Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) y Yuhasz (1974) con la expresión de Durnin y Womersley (1974) combinado con Siri (1961). Por ello los datos procedentes de las dos primeras no pueden

intercambiarse con los de la tercera, no obstante, los intervalos de concordancia y sus límites no son muy elevados luego es indicativo de que la concordancia en cierto grado es óptima. Para ambos sexos la ecuación de Durnin y Womersley (1974) sobreestima el porcentaje de grasa, con respecto a las otras, apareciendo peores concordancias a medida que aumenta el valor de dicha variable.

✚ De entre las tres ecuaciones de antropometría empleadas parece ser más adecuado el porcentaje de grasa que proporciona el fraccionamiento basado en Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) y la expresión de Yuhasz (1974). Ambas ecuaciones se caracterizan por emplear para su cálculo seis pliegues subcutáneos, que son: tricipital, muslo, pantorrilla, subescapular, suprailíaco y abdominal.

✚ La bioimpedancia o resistencia del cuerpo al paso de una corriente es significativamente superior en el sexo femenino, indicativo por tanto de una mayor presencia de componentes no conductores como es la masa grasa. A partir del valor de la bioimpedancia se han desarrollado un conjunto amplio de ecuaciones de composición corporal de elevada heterogeneidad, que puede que no sean correctas fuera del contexto en que se determinaron. Algunas de las que se han utilizado en este estudio proporcionan medias para el porcentaje de grasa muy bajas. Indicativo por tanto, de la importancia de validar las expresiones en cada tipo de población antes de ser empleadas.

✚ Las ecuaciones de bioimpedancia cuyas medias para el porcentaje de grasa se consideran acordes a lo esperado, teniendo en cuenta los resultados por antropometría, son aquellas que dan valores superiores a 9% en varones y al 15% en mujeres, para el resto de las expresiones se han obtenido puntuaciones

considerablemente más bajas por lo menos en alguno de los sexos. Éstas son: Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (1991), Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (1990b), Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> (1988), Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup> (1988) y Segal *et al.* (1988). Entre las cinco hay una alta heterogeneidad en los términos de las fórmulas que emplean, pero se observa que siempre combinan el valor de bioimpedancia con variables antropométricas como son el peso y la estatura, e incluyen también la edad y el sexo. Parece pues que este tipo de datos complementan al valor de la resistencia siendo por tanto fundamental su inclusión en las expresiones que valoran TBW o FFM y, en consecuencia, el porcentaje de grasa.

↓ Dentro de las expresiones de bioimpedancia comparadas entre sí se denota alta concordancia entre Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (1991) con: Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (1990b), Lukaski y Bolonchuk<sup>1-2</sup> (1988), Segal *et al.* (1988). Así como Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> (1988) con: Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (1991), Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (1990b), Holtain, Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup> (1988) y Segal *et al.* (1988). Los límites de concordancia por el método Bland y Altman (1986) se mantienen dentro del rango anteriormente señalado como óptimo, pero con respecto a la media de la diferencia se supera para ciertos casos lo establecido. No obstante, aunque sólo puedan ser calificadas como intercambiables algunas de las ecuaciones a todas ellas sí se las puede considerar como expresiones con alta similitud o elevada concordancia.

↓ Las ecuaciones de bioimpedancia que proporcionan porcentajes de grasa más concordantes a las ecuaciones antropométricas son: Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (1991), Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (1990b), Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> (1988), Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup> (1988) y Segal *et al.* (1988). En concreto, con las expresiones de Yuhasz



(1974) y Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) se obtienen medias de las diferencias indicativas de buena concordancia mientras que ésta es peor con Durnin y Womersley (1974), combinado con Siri (1961). Si bien, para la mayoría de los casos las altas desviaciones en la media de la diferencia hacen que los límites de los intervalos superen el rango  $\pm 10\%$ , por lo que los datos no son intercambiables salvo entre algunas ecuaciones concretas. Al margen de esto último, al ser estas ecuaciones las que muestran mayor similitud con las de antropometría son las que a nuestro entender deben emplearse, por lo menos en lo que respecta a poblaciones con características similares a las del presente estudio.

✚ El patrón de las diferencias entre las citadas ecuaciones de bioimpedancia con Yuhasz (1974) y Phantom (Drinkwater y Ross, 1980) es igual; esto es, mayor concordancia a valores intermedios de grasa, más puntuación con antropometría a valores bajos, y finalmente para individuos con alto porcentaje de grasa hay una cierta tendencia a que con las expresiones de bioimpedancia la grasa obtenida sea mayor. Esto último produce que al comparar las medias para el porcentaje de grasa, en ocasiones las ecuaciones de bioimpedancia señaladas superen en puntuación a las dos expresiones antropométricas citadas.

✚ La fórmula desarrollada por Durnin y Womersley (1974), combinada con Siri (1961) para calcular el porcentaje de grasa, al contrastarla con las ecuaciones de bioimpedancia manifiesta una menor similitud que la existente con las otras dos expresiones antropométricas. Con Durnin y Womersley (1974) es siempre considerablemente mayor el resultado para el porcentaje de grasa que con

las fórmulas de bioimpedancia, hallándose las menores diferencias entre métodos cuando la variable toma puntuaciones altas.

↓ Al comparar con antropometría se extrae que en general la técnica de bioimpedancia donde peor estima el porcentaje de grasa es en los individuos delgados, donde la infravalora bastante y esto hace que para el conjunto de la muestra las medias para el porcentaje de grasa sean en general de bajo valor. Mientras que para niveles de grasa intermedios o altos el porcentaje de la misma puede coincidir con lo obtenido por antropometría, e incluso llegar a sobrepasarlo.

↓ De lo anteriormente expuesto remarcar que no siempre los resultados son comparables pese a proceder de expresiones que emplean la misma variable, de hecho entre ciertas ecuaciones de antropometría y bioimpedancia se ha encontrado una mayor concordancia que la existente para algunas de las expresiones de bioimpedancia entre sí.

↓ La media de excreción diaria de creatinina en orina es distinta para cada sexo, mostrando puntuaciones significativamente mayores los varones lo que es indicativo de su mayor masa muscular. Mientras que no se han encontrado diferencias entre series para el coeficiente de creatinina. Las altas desviaciones estándar resultantes en todas estas variables hacen constatar una elevada heterogeneidad en la excreción.

↓ La creatinina expulsada en la orina, teniendo en cuenta el protocolo seguido en la presente muestra, posee en varones baja correlación aunque significativa con la masa muscular y con la masa libre de grasa (FFM), calculadas por antropometría y bioimpedancia, mientras que en mujeres sólo es significativa al

comparar con antropometría. El método Bland y Altman (1986) indica que la mayor similitud entre técnicas, en base a la media de las diferencias para la FFM, se da principalmente al contrastar con las ecuaciones de creatinina de Kriesberg *et al.* (1970), Forbes y Bruining<sup>1</sup> (1976) y Forbes<sup>3</sup> (1987), entre estas tres hay además elevada concordancia. No obstante, la similitud entre dichas expresiones de creatinina y los otros dos métodos de composición corporal es baja, ya que los intervalos de concordancia son muy amplios propiciados por las altas desviaciones estándar obtenidas en las medias de las diferencias.

✚ La existencia para unos individuos de una elevada semejanza entre la cantidad de creatinina en las dos muestras de orina mientras que para otros de marcadas diferencias, unido a la alta desviación estándar en la media de excreción diaria, parecen indicar una marcada variabilidad intraindividual e interindividual en la excreción de creatinina. Que puede ser la causa de que el protocolo seguido no sea válido para estimar adecuadamente la masa muscular, principalmente en lo referente a nivel individual. Por lo que si este metabolito no se excreta a valores muy constantes, y a fin de reducir dicha variabilidad, es necesario la recolección de la orina de 24 horas durante más de un día. A lo que hay que unir la importancia de controlar otros factores, no tenidos en cuenta, como la dieta y el ejercicio.

✚ Una de las limitaciones a la hora de establecer comparaciones entre diferentes técnicas o ecuaciones se produce porque realmente no se está estimando la misma variable en cada caso, por lo que hay que emplear distintos factores de conversión, para pasar por ejemplo de TBW a FFM o a WWM, que influyen en la comparación entre los datos.

Por último, a modo de indicaciones finales y teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se recomiendan las siguientes pautas de actuación a la hora de comenzar una investigación de composición corporal, en relación a:

↓ **Selección de ecuaciones:**

A la hora de escoger una expresión matemática para establecer el fraccionamiento corporal es importante tener en cuenta: sexo, edad, condición física y nutricional, de la muestra utilizada en su momento para el desarrollo de la misma; también hay que tener presente con qué método fueron validadas dichas expresiones. Ya que por un lado, hay que buscar el máximo grado de concordancia entre la población de la que se extrajo con la población a la que se pretende aplicar. Por otro lado, es necesario que antes de ser aplicada una nueva ecuación predictiva desarrollada en un contexto concreto sea validada con otras expresiones.

Por último, cuando se quieran comparar datos procedentes de distintos estudios o poblaciones, para evitar extraer conclusiones erróneas, es fundamental establecer previamente el grado de concordancia entre las ecuaciones empleadas en dichos trabajos.

↓ **Ventajas e inconvenientes de cada método:**

La bioimpedancia y la antropometría resultan ser técnicas relativamente económicas y sencillas, por tanto, útiles para el trabajo de campo. La primera de ellas es más rápida y requiere menos destreza en la toma de los datos. Sin embargo, la heterogeneidad de las numerosas ecuaciones existentes y su escasa validación complican la valoración de los resultados. También los factores

preanalíticos tienen mayor influencia en la técnica de BIA en relación a la de antropometría. Por otra parte, en la excreción de creatinina se requieren normalizar una serie de parámetros (recolectar orina de varios días, dieta, ejercicio físico...) que elevan notablemente su complejidad y ponen en entredicho su utilidad, sobretodo a la hora de realizar un diagnóstico a nivel individual.

✚ **Características del sujeto de estudio:**

En antropometría hay que indicar que el fraccionamiento tetracompartimental de Drinkwater y Ross (1980), basado en Phantom, empeora su predicción en los individuos de peso elevado, sobretodo en el sexo femenino ya que en este caso se subestima el componente graso. Así mismo, la ecuación de dos pliegues de Durnin y Womersley (1974) sobreestima en general en todos los individuos el porcentaje de grasa, esto mismo, no se observa con la expresión desarrollada por Yuhasz (1974). Por ello, se recomienda en población adulta valorar dicho componente por medio de seis pliegues, dado que la deposición del tejido adiposo a nivel troncal comienza a ser importante para la valoración total de la grasa corporal.

La técnica de bioimpedancia puede subestimar el porcentaje de grasa en individuos muy delgados y sobreestimarlos en los obesos. Además, muestra una considerable mejor valoración cuando se utiliza una ecuación predictiva, de la masa libre de grasa o del agua corporal total, que combina el valor del índice de bioimpedancia "Estatura<sup>2</sup>/Impedancia" con el de variables antropométricas, sobre todo el peso y la estatura (como sucede en las citadas a continuación).

↓ **Tipo de investigación:**

Sobre la base de lo dicho anteriormente, hay que indicar que para los estudios epidemiológicos o poblacionales, donde es necesario tomar una gran cantidad de datos y en condiciones de trabajo de campo, la bioimpedancia y la antropometría han mostrado ser técnicas altamente adecuadas.

Mientras que para uno de tipo clínico o diagnóstico individual, donde se requiere una mayor precisión pero se pueden controlar factores exógenos (dieta, ejercicio...) y se llevan a cabo en el laboratorio. Hay que tener en cuenta que en la técnica de BIA se requieren vigilar ciertos parámetros (colocación exacta de los electrodos, estado de hidratación del sujeto, fase del ciclo menstrual...), que no es necesario en los antropométricos, y por ello, a fin de aumentar la precisión se recomienda tomar la bioimpedancia durante varios días seguidos. En cuanto a la excreción de creatinina en orina se necesita tener al individuo ingresado, para poder recoger cómodamente la orina de 24 horas y durante varios días, además de para controlar el resto de factores y poder así disminuir al máximo la variabilidad individual detectada en la excreción de dicho metabolito.

En relación a esto, hay que indicar que en estas dos últimas técnicas, BIA y excreción de creatinina en orina, se están valorando de alguna forma moléculas (agua, electrolitos, almacenadores de energía musculares...), es decir, se pueden calificar como metodologías basadas directamente en el metabolismo del individuo, mientras que la antropometría no. Por eso, son más susceptibles a que pequeños cambios en el sujeto de estudio anteriores a la medición, como agua ingerida, ejercicio físico y dieta, afecten a la estimación de la composición corporal, y en

consecuencia, si dichos cambios no son controlados bajo la precisión de las citadas técnicas.

Entre las ecuaciones usadas en este estudio hay que destacar por su mayor fiabilidad o precisión, por un lado, entre las antropométricas la expresión desarrollada por Yuhasz (1974), para estimar el porcentaje de grasa, y el método de fraccionamiento tetracompartimental de Drinkwater y Ross (1980), para valorar la masa grasa y el resto de fracciones corporales. Por otro lado, dentro de la técnica de BIA, las ecuaciones desarrolladas por: Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> (1991), Deurenberg *et al.*<sup>2</sup> (1990b), Lukaski y Bolonchuk<sup>1</sup> (1988), Lukaski y Bolonchuk<sup>2</sup> (1988) y Segal *et al.* (1988).

Todavía en la actualidad diversos autores se preguntan sobre el pasado y el futuro de las técnicas de composición corporal, y hacen una reflexión sobre si se ha llegado al final o quedan nuevas metodologías por incorporar (Ellis, 2000; Heymsfield *et al.*, 2005; Pietrobelli y Tato, 2005; Wells y Fewtrell, 2006).

Las recomendaciones expuestas en el estudio aquí efectuado pretenden ser una contribución al complejo análisis de la composición corporal. Así, se ha iniciado una línea de investigación en la que se continúan incluyendo técnicas y ecuaciones (BIA bipolar, interactancia infrarrojos...) y en la que además se están aplicando a poblaciones de características muy diversas (Callejo *et al.*, 2004; Marrodán, 2004; Santos *et al.*, 2006).







## **6. BIBLIOGRAFÍA**

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100

## 6. BIBLIOGRAFÍA

AFTING, E.G., BERNHARDT, W., JANZEN, W.C. y RÖTHING, H.J. (1981). Quantitative importance of non-skeletal-muscle N-methylhistidine and creatine in human urine. *Biochem. J.*, 200: 449-452.

ALLEN, T.H. (1960). Human body volumeter based on water displacement. *Army. Med. Res. Nutr. Lab.*, 250.

ALTMAN, D.G. y BLAND, J.M. (1983). Measurement in medicine: the analysis of method comparison studies. *The Statistician*, 32: 307-317.

ASMUSSEN, E. y CHRISTENSEN, E.H. (1967). *Kompendium: legemsolveelsernes specielle teori*. Kobenhavns Universitets Fond til Tilvejebringelse af Læremidler, Copenhagen.

AZAE, J., GONZÁLEZ, R. y GARCÍA, D. (2003). La hidratación del deportista. *Ef. Deportes*, 63. Revista digital: [www.efdeportes.com](http://www.efdeportes.com).

BAILEY, D.A. (1974). Exercise, fitness and physical education for the growing child. En: W. ORBAN (Ed.), *Proceedings of national conference on fitness and health*. Health & Welfare, Ottawa: 13-22.

BALSOM, P.D., HARRIDGE, S.D.R., SÖDERLUND, K., SJÖDIN, B. y EKBLOM, B. (1993). Creatine supplementation "per se" does not enhance endurance exercise performance. *Acta Physiol. Scand.*, 149: 521-523.

BALSOM, P.D., SÖDERLUND, K., SJÖDIN, B. y EKBLOM, B. (1995). Skeletal muscle metabolism during short duration high intensity exercise: influence of creatine supplementation. *Acta Physiol. Scand.*, 154: 303-310.

BARRETO, J., SANTANA, S. y CONSUEGRA, D. (2003). Intervalos de referencia locales para la excreción urinaria de creatinina en una población adulta. *Nutr. Hosp.*, 28, 2: 65-75.

BARRILLAS-MURY, C., VETTORAZZI, C., MOLINA, S. y PINEDA, O. (1987). Experience with bioelectrical impedance analysis in young children: sources of variability. En: K.J. ELLIS, S. YASUMURA y W.D. MORGAN (Eds.), *In vivo body composition studies*. Institute of physical science and medicine, London: 87-90.

BAUMGARTNER, R.N., CHUMLEA, W.C. y ROCHE, A.F. (1989). Estimation of body composition from bioelectric impedance of body segments. *Am. J. Clin. Nutr.*, 50: 221-226.

- BAUMGARTNER, R.N., CHUMLEA, W.C. y ROCHE, A.F. (1990). Bioelectric impedance for body composition. En: K.B. PANDOLF y J.O. HOLLOSZY (Eds.), *Exercise and sport sciences reviews*. Williams & Wilkins, Baltimore: 193-224.
- BAUMGARTNER, R.N., ROCHE, A.F., GUO, S., LOHMAN, T., BOILEAU, R.A. y SLAUGHTER, M.H. (1986). Adipose tissue distribution: the stability of principal components by sex, ethnicity and maturation stage. *Hum. Biol.*, 58, 5: 719-735.
- BEHNKE, A.R., FEEN, B.G. y WELHAM, W.C. (1942). The specific gravity of healthy men. *J. Am. Med. Assoc.*, 118: 495-498.
- BEHNKE, A.R. y WILMORE, J.H. (1974). *Evaluation and regulation of body build and composition*. Prentice-Hall Inc, New Jersey.
- BINGHAM, S.A. y CUMMINGS, J.H. (1985). The use of creatinine output as a check on the completeness of 24-hour urine collections. *Hum. Nutr. Clin. Nutr.*, 39: 343-353.
- BIRCH, R., NOBLE, D. y GREENHAFF, P.L. (1994). The influence of dietary creatine supplementation on performance during repeated bouts of maximal isokinetic cycling in man. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 69: 268-276.
- BISTRIAN, B.R. (1985). Evaluación de la desnutrición proteica-energética en los pacientes quirúrgicos. En: G.L. HILL (Ed.), *Nutrición en el paciente quirúrgico*. Salvat S.A., Barcelona: 45.
- BJORNSSON, T.D. (1979). Use of serum creatinine concentrations to determine renal function. *Clin. Pharmacokinetics*, 4: 200-222.
- BLAND, J.M. y ALTMAN, D.G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 8: 307-310.
- BLAND, J.M. y ALTMAN, D.G. (1987). Statistical methods for assessing agreement between measurement. *Bioch. Clin.*, 11: 399-404.
- BLAND, J.M. y ALTMAN, D.G. (1988). Inappropriate use of regression analysis. *Bioch. Clin.*, 12: 1437-1438.
- BLAND, J.M. y ALTMAN, D.G. (1992). This week's citation classic: comparing methods of clinical measurement. *Curr. Contents*, 20, 40: 8.
- BLAND, J.M. y ALTMAN, D.G. (1995). Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading. *Lancet*, 346: 1085-1087.

BLEILER, R.E. y SCHEDL, H.P. (1962). Creatinine excretion: variability and relationship to diet and body size. *J. Lab. Clin. Med.*, 59: 945-955.

BLOCH, K. y SCHOENHEIMER, R. (1941). The biological precursors of creatine. *J. Biol. Chem.*, 138: 167-191.

BOILEAU, R.A., HORSTMAN, D.H., BUSKIRK, E.R. y MENDEZ, J. (1972). The usefulness of urinary creatinine excretion in estimating body composition. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 4: 85-90.

BOILEAU, R.A., LOHMAN, T.G., SLAUGHTER, M.H., BALL, T.E., GOING, S.B. y HENDRIX, M.K. (1984). Hydration of the fat-free body in children during maturation. *Hum. Biol.*, 56, 4: 651-666.

BONSNES, R.W. y TAUSSKY, H.H. (1945). On the colorimetric determination of creatinine Jaffé reaction. *J. Biol. Chem.*, 581: 158-163.

BORGONHA, S., PETRACCHI, C., FERRO, A., SHETTY, P.S. y KURPAD, A.V. (1997). Prediction of total body water in Indian men from anthropometry and bioelectrical impedance using deuterium dilution as reference. *Ann. Hum. Biol.*, 24, 4: 355-361.

BORSOOK, H. y DUBNOFF, J.W. (1947). The hydrolysis of phosphocreatine and the origin of urinary creatinine. *J. Biol. Chem.*, 168: 493-510.

BOULIER, A., FRICKER, J., THOMASSET, A. y APFELBAUM, M. (1990). Fat-free mass estimation by two-electrode impedance method. *Am. J. Clin. Nutr.*, 52: 581-585.

BOYE, K.R., DIMITRIOU, T., MANZ, F., SCHOENAU, E., NEU, C., WUDY, S. y REMER, T. (2002). Anthropometric assessment of muscularity during growth: estimating fat-free mass with 2 skinfold-thickness measurements is superior to measuring midupper arm muscle area in healthy prepuberal children. *Am. J. Clin. Nutr.*, 76: 628-632.

BRAVO, G. y POTVIN, L. (1991). Estimation the reliability of continuous measures with cronbach's alpha or the intraclass correlation coefficient: toward the integration of two traditions. *J. Clin. Epidemiol.*, 44: 381-390.

BRAY, G.A. (1989). Classification and evaluation of the obesity's. *Med. Clin. North Am.*, 73: 161-184.

BRAZIER, M.A. (1935). The impedance angle test for thyrotoxicosis. Technic and study of normals. *Western J. Surg. Obstet. Gynecol.*, 43: 429-441.

BRETÓN, I., CUERDA, M.C., CAMBLOR, M. y GARCÍA, P. (2000). Técnicas de composición corporal en el estudio de la obesidad. En: B. MORENO, S. MONEREO y J. ÁLVAREZ (Eds.), *La epidemia del siglo XXI*. Ediciones Díaz de Santos, Madrid: 169-190.

BROZEK, J., GRANDE, F., ANDERSON, J.T. y KEYS, A. (1963). Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 110: 113-140.

BUCHHOLZ, A.C., BARTOK, C. y SCHOELLER, D.A. (2004). The validity of bioelectrical impedance models in clinical populations. *Nutr. Clin. Pract.*, 19, 5: 433-446.

BUNC, V., STILEC, M., MORAVCOVÁ, J. y MATOUS, M. (2003). Body composition determination by whole body bioimpedance measurement in women seniors. *Biom. Hum. Anthropol.*, 21: 1-5.

BÜRGER, M.Z. (1919). Beiträge zum kreatininkoeffizienten für die quantitative bewertung der muskulatur als körperrgewichtskomponente. II. Die kreatin- und kretininausscheidung: die störungen des muskelstoffwechsels. *Z. Ges. Exp. Med.*, 9: 361-399.

BURKINSHAW, L., HILL, G.L. y MORGAN, D.B. (1979). Assessment of the distribution of protein in the human body by in vivo neutron activation analysis. En: *Nuclear activation techniques in the life sciences*. International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna: 787-789.

BUSKIRK, E.R. y MENDEZ, J. (1984). Sport science and body composition analysis: emphasis on cell and muscle mass. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 16, 4: 584-593.

CALLEJO, M.L., MARRODÁN, M.D., PACHECO, J.L., GONZÁLEZ-MONTERO DE ESPINOSA, M. y MESA, M.S. (2004). Validación del método Phantom en la estimación del fraccionamiento corporal. En: J.E. EGOCHÉAGA (Ed.), *Biología de las poblaciones humanas, diversidad, tiempo y espacio*. Universidad de Oviedo: 387-395.

CALLEJO, M.L., MESA, M.S., PACHECO, J.L., GONZÁLEZ-MONTERO DE ESPINOSA, M. y MARRODÁN, M.D. (2003). Estudio comparativo de la composición corporal mediante técnicas de antropometría y bioimpedancia. En: M.P. ALUJA, A. MALGOSA y R.M. NOGUÉS (Eds.), *Antropología y biodiversidad*. Bellaterra S.L., Barcelona: 362-371.

CANDA, A., MARTÍN, M.P. y RUBIO, S. (1993). Composición corporal según diferentes métodos antropométricos: un estudio en gimnastas de élite. *Arch. Med. Deport.*, 10, 37: 11-17.

CASANOVA, M.C., RODRÍGUEZ, I., RICO DE COS, S. y CASANOVA, M. (2004). Análisis de la composición corporal por parámetros antropométricos y bioeléctricos. *An. Esp. Pediatr.*, 61, 1: 23-31.

CATON, J.R., MOLE, P.A., ADAMS, W.C. y HEUSTIS, D.S. (1988). Body composition analysis by bioelectric impedance: effect of skin temperature. *Hum. Biol.*, 59: 257-269.

CHASSON, A.L., GRADY, H.J. y STANLEY, M.A. (1961). Determination of creatinine by means of automatic chemical analysis. *Am. J. Clin. Pathol.*, 35: 83-88.

CHEEK, D.B. (1968). Human growth: body composition, cell growth, energy and intelligence. En: D.B. CHEEK (Ed.), *Human growth*. Lea & Febiger, Philadelphia: 31-47.

CHEN, Y.H., LEE, A.J., CHEN, C.H., CHESNEY, R.W., STAPLETON, F.B. y ROY, S. (1994). Urinary mineral excretion among normal Taiwanese children. *Pediatr. Nephrol.*, 8: 36-39.

CHUMLEA, W.C., ROCHE, A.F., GUO, S. y WOYNAROWSKA, B. (1987). The influence of physical variables and oral contraceptives on bioelectrical impedance. *Hum. Biol.*, 59: 257-269.

CLARK, J.O.E. (1992). El riñón. En: L. BOSTOCK, S. LUCK y S. MERRELL (Eds.), *El cuerpo humano*. Plaza & Janés S.A., Barcelona: 171.

CLARYS, J.P., MARTIN, A.D. y DRINKWATER, D.T. (1984). Gross tissue weights in the human body by cadaver dissection. *Hum. Biol.*, 56: 459-473.

CLASEY, J.L., KANALEY, J.A., WIDEMAN, L.S., HEYMSFIELD, B., TEATES, C.D., GUTGESELL, M.E., THORNER, M.O., HARTMAN, M.L. y WELTMAN, A. (1999). Validity of methods of body composition assessment in young and older men and women. *J. Appl. Physiol.*, 86, 5: 1728-1738.

COHN, S.H. (1985). How valid are bioelectric impedance measurements in body composition studies? *Am. J. Clin. Nutr.*, 42: 889-890.

COHN, S.H., GARTENHAUS, W., SAWISTKY, A., RAI, K., ZANZI, I., VASWANI, A., ELLIS, K.J., YASUMURA, S., CORTES, E. y VARTSKY, D. (1981a). Compartmental body composition of cancer patients by measurement of total body nitrogen, potassium and water. *Metabolism*, 30: 222-229.

COHN, S.H., SAWITSKY, A., VARTSKY, D., YASUMURA, S., ZANZI, I. y ELLIS, K.J. (1981b). Body composition as measured by in vivo activation analysis. En: O.H.

COLUMBUS (Ed.), *Nutritional assessment-present status, future directions and prospects*. Ross Laboratories: 99-102.

COHN, S.H., VARTSKY, D., YASUMURA, S., SAWITSKY, A., ZANZI, I., VASWANI, A. y ELLIS, K.J. (1980). Compartmental body composition based on total-body nitrogen, potassium and calcium. *Am. J. Physiol.*, 239: 524-530.

COMAS, J. (1957). *Manual de antropología física*. Ediciones de la Universidad Autónoma de México, México D.F.: 14-15.

CORDAIN, L., WHICKER, R.E. y JOHNSON, J.E. (1988). Body composition determination in children using bioelectrical impedance. *Growth Develop. Using.*, 52: 37-40.

CRIM, M.C. (1976). Creatine metabolism in men: creatine pool size and turnover in relation to creatine intake. *J. Nutr.*, 106: 307-381.

CRIM, M.C., CALLOWAY, D.H. y MARGAN, S. (1975). Creatine metabolism in men: urinary creatine and creatinine excretions with creatine feeding. *J. Nutr.*, 105: 428-438.

DANFORD, L.C., SCHOELLER, D.A. y KUSHNER, R.F. (1992). Comparison of two bioelectrical impedance analysis models for total body water measurement in children. *Ann. Hum. Biol.*, 19, 6: 603-607.

DAVIES, P.S., PREECE, M.A., HICKS, C.J. y HALLIDAY, D. (1988). The prediction of total body water using bioelectrical impedance in children and adolescents. *Ann. Hum. Biol.*, 15: 237-240.

DE SANTO, N.G., DILORIO, B., CAPASSO, G., CAPODICASA, G., STAMLER, R., STAMLER, J. y GIORDANO, C. (1987). Population based data on age related excretion of creatinine sodium and potassium in children of Southern Italy-the Cimitile study. *Int. J. Pediatr. Nephrol.*, 8: 35-40.

DEL CAÑIZO, F.J., DE LA CRUZ, F.J., MOREIRA-ANDRÉS, M.N., GÓMEZ DE LA CÁMARA, A., MAYOL, J. y SERRANO, J.M. (1997). Grado de acuerdo en la medición de glucemia entre el laboratorio y cuatro glucómetros portátiles. *Medifam*, 7: 362-367.

DEURENBERG, P., ANDREOLI, A. y DE LORENZAO, A. (1996). Multi-frequency bioelectrical impedance: a comparison between the Cole-Cole modelling and Hanai equations with the classical impedance index approach. *Ann. Hum. Biol.*, 6: 31-40.



DEURENBERG, P., KUSTERS, C.S.L. y SMIT, H.E. (1990b). Assessment of body composition by bioelectrical impedance in children and young adults is strongly age-dependent. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 44: 261-268.

DEURENBERG, P. y SCHOUTEN, F.J.M. (1992). Loss of total body water and extracellular water assessed by multifrequency impedance. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 46: 247-255.

DEURENBERG, P., SMIT, H.E. y KUSTERS, C.S.L. (1989a). Is the bioelectrical impedance method suitable for epidemiological field studies? *Eur. J. Clin. Nutr.*, 43: 647-654.

DEURENBERG, P., VAN DER KOOY, K., EVERS, P. y HULSHOF, T. (1990a). Assessment of body composition by bioelectrical impedance in a population aged > 60 y. *Am. J. Clin. Nutr.*, 51: 3-6.

DEURENBERG, P., VAN DER KOOY, K. y LEENEN, R. (1989b). Differences in body impedance when measured with different instruments. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 43: 885-886.

DEURENBERG, P., VAN DER KOOY, K., LEENEN, R. y SCHOUTEN, F.J.M. (1989c). Body impedance is largely dependent on the intra- and extra-cellular water distribution. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 43: 845-853.

DEURENBERG, P., VAN DER KOOY, K., LEENEN, R., WESTSTRATE, J.A. y SEIDELL, J.C. (1991). Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study. *Int. J. Obes.*, 15: 17-25.

DEURENBERG, P., VAN DER KOOY, K., PALING, A. y WITHAGEN, P. (1989d). Assessment of the body composition in 8-11 years old children by bioelectrical impedance. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 43: 623-629.

DEURENBERG, P., WESTSTRATE, J.A. y HAUTVAST, J.G.A.J. (1989e). Body composition changes assessed by bioelectrical impedance measurements. *Am. J. Clin. Nutr.*, 49: 401-403.

DEURENBERG, P., WESTSTRATE, J.A., HAUTVAST, J.G.A.J. y VAN DER KOOY, K. (1990c). Is the bioelectrical-impedance method valid? *Am. J. Clin. Nutr.*, 51: 179.

DEURENBERG, P., WESTSTRATE, J.A., PAYMANS, I. y VAN DER KOOY, K. (1988). Factors affecting bioelectrical impedance in humans. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 42: 1017-1022.

DEURENBERG, P., WESTSTRATE, J.A. y VAN DER KOOY, K. (1989f). Changes in fat free mass during weight loss measured by bioelectrical impedance and by densitometry. *Am. J. Clin. Nutr.*, 49: 22-26.

DIAZ, E.O., VILLAR, J., IMMINK, M. y GONZALES, T. (1989). Bioimpedance or anthropometry? *Eur. J. Clin. Nutr.*, 43: 129-137.

DITTMAR, M. (2003). Reliability and variability of bioimpedance measures in normal adults: effects of age, gender, and body mass. *Am. J. Phys. Anthr.*, 122: 361-370.

DITTMAR, M. (2004). Comparison of bipolar and tetrapolar impedance techniques for assessing fat mass. *Am. J. Hum. Biol.*, 16: 593-597.

DORADO, C., SANCHIS, J., CHAVARREN, J. y LÓPEZ, J.A. (1997). Efectos de la administración de suplementos de creatina sobre el rendimiento. *Arch. Med. Dep.*, Vol. XIV. 59: 213-221.

DRINKWATER, D.T. (1984). *An anatomically derived method for the anthropometric estimation of human body composition*. Thesis. Simon Fraser University, Canada.

DRINKWATER, D.T. y ROSS, W.D. (1980). Anthropometric fractionation of body mass. En: M. OSTYN, G. BEUNEN y J. SIMONS (Eds.), *Kinanthropometry II*. Univ. Park Press, Baltimore: 178-189.

DUARTE, C.G., ELVEBACK, L.R. y LIEDTKE, R.R. (1980). Creatinine. En: C.G. Duarte (Ed.), *Renal function tests*. Little, Brown y Co., Boston: 1-28.

DURNIN, J.V.G.A. y RAHAMAN, N.M. (1967). The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. *Br. J. Nutr.*, 21: 681-689.

DURNIN, J.V.G.A. y WOMERSLEY, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfolds thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br. J. Nutr.*, 32: 77-97.

EASTHAMN, R.D. (1985). *Biochemical values in clinical medicine*. Wrigth.

ECKERSON, J.M., EVETOVICH, T.K., STOUT, J.R., HOUSH, T.J., JOHNSON, G.O., HOUSH, D.J., EBERSOLE, K.T. y SMITH, D.B. (1997). Validity of bioelectrical impedance equations for estimating fat-free weight in high school female gymnasts. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 29, 7: 962-968.

- ECKERSON, J.M., HOUSH, T.J. y JOHNSON, G.O. (1992). Validity of bioelectrical impedance equations for estimating fat-free weight in lean males. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 24, 11: 1298-1302.
- ELIA, M., PARKINSON, S.A. y DIAZ, E. (1990). Evaluation of near infra-red interactance as a method for predicting body composition. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 44: 113-121.
- ELLIS, K.J. (2000). Human body composition: in vivo methods. *Physiol. Rev.*, 80: 649-680.
- ELLIS, K.J. (2001). Selected body composition methods can be used in field studies. *J. Nutr.*, 131: 1589-1595.
- ELSEN, R., SIU, M.L., PINEDA, O. y SOLOMONS, L. (1987). Sources of variability in bioelectrical impedance determinations in adults. En: K.J. ELLIS, S. YASUMURA y W.D. MORGAN (Eds), *In vivo body composition studies*. Institute of physical science and medicine, London: 184-188.
- EVANS, E.M., SAUNDERS, M.J., SPANO, M.A., ARNGRIMSSON, S.A., LEWIS, R.D. y CURETON, K.J. (1999). Body-composition changes with diet and exercise in obese women: a comparison of estimates from clinical methods and a 4-component model. *Am. J. Clin. Nutr.*, 70: 5-12.
- EXCEL (2002). *Microsoft office*. Versión 10.0. Soft. Art. Inc., Chicago.
- FERNÁNDEZ, J.A. (2003). Estimación de la composición corporal por dos de las ecuaciones de Dezenberg para niños de 5 a 10 años. *Rev. Cubana Sal. Publ.*, 29, 1: 37-41.
- FERNÁNDEZ, J.A., GARCÍA, R. y RODRÍGUEZ C. (1999). Comprensibilidad del pliegue cutáneo y su relación con algunas variables biológicas. Evidencias en cadáveres humanos. *Rev. Cubana Aliment. Nutr.*, 13, 1: 18-23.
- FIELDS, D.A. y GORAN, M.I. (2000). Body composition techniques and the four-compartment model in children. *J. Appl. Physiol.*, 89: 613-620.
- FIGUEROA-COLON, R. (1993). Clinical and laboratory assessment of the malnourished child. En: R.M. SUSKIND y L. LEWINTER-SUSKIND (Eds.), *Textbook of pediatric nutrition*. Raven Press, New York: 191-205.
- FLEISS, J.L. (1986). *The design and analysis of clinical experiments*. Wiley, New York.
- FOLIN, O. (1905). Laws governing the chemical composition of urine. *Am. J. Physiol.*, 13: 66-115.

FORBES, G.B. (1962). Methods for determining composition of human body. *Pediatrics*, 29: 477-494.

FORBES, G.B. (1987). *Human body composition, growth, aging, nutrition and activity*. Springer-Verlag, New York: 57-61.

FORBES, G.B. y BRUINING, G.J. (1976). Urinary creatinine excretion and lean body mass. *Am. J. Clin. Nutr.*, 29: 1359-1366.

FORSBERG, A.M., NILSSON, E., WERNEMAN, J., BERGSTROM, J. y HULTMAN, E. (1991). Muscle composition in relation to age and sex. *Clin. Sci.*, 81: 249-256.

FORSYTH, H. y SINNING, W.E. (1973). The anthropometric estimation of body density and lean body weight of male athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 5: 174-180.

FRAWLEY, J.P., ARTZ, C.P. y HOWARD, J.M. (1955). Muscle metabolism and catabolism in combat casualties. *Arch. Surg.*, 71: 612-616.

FULCHER, G.R., FARRER, M., WALKER, M., RODHAM, D., CLAYTON, B. y ALVERT, G.M.M. (1991). A comparison of measurements of lean body mass derived by bioelectrical impedance, skinfold thickness and total body potassium. A study in obese and non-obese normal subjects. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, 5, 1: 245-253.

FULLER, N.J. y ELIA, M. (1989). Potential use of bioelectrical impedance of the whole body and of body segments for the assessment of body composition: comparison with densitometry and anthropometry. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 43: 779-791.

GALLAGHER, D., VISSER, M., DE MEERSMAN, R.E., SEPULVEDA, D., BAUMGARTNER, R.N., PIERSON, R.N., HARRIS, T. y HEYMSFIELD, S.B. (1997). Appendicular skeletal muscle mass: effects of age, gender, and ethnicity. *J. Appl. Physiol.*, 83: 229-239.

GARCIA, A.L., WAGNER, K., HOTHORN, T., KOEBNICK, C., ZUNFT, H.J.F. y TRIPPO, U. (2005). Improved prediction of body fat by measuring skinfold thickness, circumferences, and bone breadths. *Obes. Res.*, 13: 626-634.

GARCÍA, P. y ALAYÓN, A.M. (1999). Validez del método de fraccionamiento de la masa corporal en población atlética de uno y otro sexo. *Rev. Esp. Antrop. Biol.*, 20: 147-162.

GARCÍA-LORDA, P. y SALAS-SALVADÓ, J. (1999). Evaluación de la composición corporal en el paciente obeso. *Med. Int.*, 6: 262-271.

GARRET, J.W. y KENNEDY, K.W. (1971). *A collection of anthropometry*. Vol. I y II. National Technical Informational Service, Springfield.

GARROW, J.S. y WEBSTER, J. (1985). Quetelet's index ( $W/H^2$ ) as a measure of fatness. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 9: 147-153.

GERBER, G.B., GERBER, G., KOSZALKA, T.R. y EMMEL, V.M. (1962). Creatine metabolism in vitamin E deficiency in the rat. *Am. J. Physiol.*, Vol. III. 202: 453-460.

GIBSON, R.S. (1990). Assessment of protein status. En: R.S. GIBSON (Ed.), *Principles of nutritional assessment*. University Press, Oxford: 307-311.

GLEICHAUF, C.N. y ROE, D.A. (1989). The menstrual cycles effect on the reliability of bioimpedance measurements for assessing body composition. *Am. J. Clin. Nutr.*, 50: 903-907.

GOLDMAN, R. (1954). Creatinine excretion in renal failure. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 85: 446-448.

GÓMEZ, L., PÉRULA DE TORRES, L.A., JIMÉNEZ, D., MARÍN, F.E. y VILLALBA, P. (2001). Validez de cuatro glucómetros portátiles para su uso en atención primaria. *Med. Fam.*, 2: 132-138.

GÓMEZ DE LA CÁMARA, A., CRUZ, E., DE LA CRUZ, J., LANDA, J., GUILLOMÍA S. y AURRECOECHEA, R. (1997). Análisis de la fiabilidad de tres dosímetros portátiles de glucemia. Comparación de diferentes métodos para el estudio de la fiabilidad de las observaciones clínicas. *Med. Clin.*, 108: 410-413.

GONZÁLEZ, B. y RECIO, C. (2001). *CD histología animal y vegetal*. Proyecto de innovación educativa. Universidad Complutense, Madrid.

GONZÁLEZ, J.M., LEIBAR, X. y NAVAJO, J.A. (1988). Metabolismo muscular en el ejercicio. *Arch. Med. Dep.*, Vol. V. 17: 59-63.

GORDON, A., HULTMAN, E., KAIJSER, L., KRISTJANSSON, S., ROLF, C.J., NYQUIST, O. y SYLVEN, C. (1995). Creatine supplementation in chronic heart failure increases skeletal muscle creatine phosphate and muscle performance. *Cardiovasc. Res.*, Vol. III. 30: 413-418.

GRAVES, J.E., POLLOCK, M.L., COLVIN, A.B., VAN LOAN, M. y LOHMAN, T.G. (1989). Comparison of different bioelectrical impedance analyzers in the prediction of body composition. *Am. J. Hum. Biol.*, 1: 603-611.

GRAY, D.S., BRAY, G.A., GEMAYEL, N. y KAPLAN, K. (1989). Effect of obesity on bioelectrical impedance. *Am. J. Clin. Nutr.*, 50: 255-260.

GRAYSTONE, J.E. (1968). Creatinine excretion during growth. En: D.B. CHEEK (Ed.), *Human growth: body composition cell growth, energy and intelligence*. Lea & Febiger, Philadelphia: 182-197.

GREENBLATT, D.C., RANSIL, B.J., HARMATZ, J.S., SMITH, T.W., DUHME, D.W. y KOCH-WESER, J. (1976). Variability of 24-hr urinary creatinine excretion by normal subjects. *J. Clin. Pharmac.*, 16: 321-328.

GROGAN, C.B., MED, R.D. y SHIRLEY, M. (1999). Body composition of children with myelomeningocele, determined by  $^{40}\text{K}$ , urinary creatinine and anthropometric measures. *Am. J. Clin. Nutr.*, 18: 316-323.

GUALDI-RUSSO, E., BRASIL-GUALANDI, P. y BELCASTRO, M.G. (1997a). Body composition assessment of young tennis players by multi-frequency impedance measurements, *I. J. Anthr.*, 12, 2: 11-20.

GUALDI-RUSSO, E., TOSELLI, S. y SQUINTANI, L. (1997b). Remarks on methods for estimating body composition parameters: reliability of skinfolds and multiple frequency bioelectric impedance methods. *Z. Morph. Anthropol.*, 81, 3: 321-331.

GUIMBAL, C. y KILIMANN, M.W. (1993). A  $\text{Na}^+$ -dependent creatine transporter in rabbit brain, muscle, heart and kidney. *J. Biol. Chem.*, Vol. XII. 268: 8418-8421.

GUO, S.S., KHOURY, P.R., SPECKER, B., HEUBI, J., CHUMLEA, W.M.C., SIERVOGEL, R.M. y MORRISON, J.A. (1993). Prediction of fat free mass in black and white pre-adolescent and adolescent girls from anthropometry and impedance. *Am. J. Hum. Biol.*, 5: 735-745.

GUO, S.S., ROCHE, A., CHUMLEA, W.C., MILES, D. y POHLMAN, R.L. (1987). Body composition predictions from bioelectric impedance. *Hum. Biol.*, 59: 221-233.

GUYTON, A.C. (1988). *Tratado de fisiología médica*. Séptima edición. Interamericana McGraw-Hill, Madrid: 395.

HARRIS, R., SÖDERLUND, K. y HULTMAN, E. (1992). Elevation of creatine in resting and exercise muscles of normal subjects by creatine supplementation. *Clin. Sci.*, 83: 367-374.

HEBBELINCK, M., ROSS, W.D., CARTER, J.E.L. y BURNS, J. (1980). Anthropometric characteristics of female olympic rowers. *Can. J. Appl. Sports Sci.*, 5, 2: 255-262.

HELENIUS, M.Y.T., ALBANESE, D., MICOZZI, M.S., TAILOR, P.R. y HEINONEN, O.P. (1987). Studies of bioelectrical resistance in overweight, middle-aged subjects. *Hum. Biol.*, 59: 221-233.

HEYMSFIELD, S.B., ARTEAGA, C., McMANUS, C., SMITH, J. y MOFFITT, S. (1983). Measurement of muscle mass in humans: validity of the 24-hour urinary creatinine method. *Am. J. Clin. Nutr.*, 37: 478-494.

HEYMSFIELD, S.B., GALLAGHER, D., VISSER, M., NUNEZ, C. y WANG, Z.M. (1995). Measurement of skeletal muscle: laboratory and epidemiological methods. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.*, 50: 23-29.

HEYMSFIELD, S.B., McMANUS, C., SMITH, J., STEVENS, V. y NIXON, D.W. (1982a). Anthropometric measurements of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *Am. J. Clin. Nutr.*, 36: 680-690.

HEYMSFIELD, S.B., McMANUS, C., STEVENS, V. y SMITH, J. (1982b). Muscle mass: reliable indicator of protein-energy malnutrition severity and outcome. *Am. J. Clin. Nutr.*, 35: 1192-1199.

HEYMSFIELD, S.B., OLAFSON, R.P., KUTNER, M.H. y NIXON, D.W. (1979). A radiographic method of quantifying protein-energy undernutrition. *Am. J. Clin. Nutr.*, 32: 693-702.

HEYMSFIELD, S.B., PIETROBELLI, A., WANG, Z. y SARIS, W.H. (2005). The end of body composition methodology research? *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.*, 8, 6: 591-594.

HEYMSFIELD, S.B., STEVENS, V., NOEL, R., McMANUS, C., SMITH, J. y NIXON, D.W. (1982c). Biochemical composition of muscle in normal and protein energy starved human subjects: relevance to anthropometric measurements. *Am. J. Clin. Nutr.*, 36: 131-142.

HEYTERS, C. (1987). Un autre approche de l'examen biométrique en médecine du sport. *Med. Sport.*, 61: 37-41.

HEYTERS, C. y HEIN, C. (2002). Évolution du pourcentage de graisse de femmes anorexiques pendant leur traitement: relations entre une technique anthropométrique et l'impédance bioélectrique. *Biom. Hum. Anthropol.*, 20: 57-62.

HEYWARD, V.H. y STOLARCZYK, L.M. (1996). *Applied body composition assessment*. Human Kinetics Publ. Inc. Champaign, Illinois.

HOBERMAN, H.D., SIMS, E.A.H. y PETERS, J.H. (1948). Creatine and creatinine metabolism in the normal male studied with the aid of isotopic nitrogen. *J. Biol. Chem.*, 172: 45-58.

HOBSON, W. (1939). Urinary output of creatine and creatinine associated with physical exertion and its relationship to carbohydrate metabolism. *Biochem. J.*, 33: 1425-1431.

HODGDON, J.A., FRIEDL, K.E., BECKETT, M.B., WESTPHAL, K.A. y SHIPPE, R.L. (1996). Use of bioelectrical impedance analysis measurements as predictors of physical performance. *Am. J. Clin. Nutr.*, 64: 463-468.

HODGDON, J.A. y LAWLOR, M.R. (1985). Comparison of whole body impedance, body circumferences, and skinfold thicknesses in the prediction of lean body mass. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17: 271.

HOFFER, E.C., MEADOR, C.K. y SIMPSON, D.C. (1969). Correlation of whole body impedance with total body water. *J. App. Physiol.*, 27: 531-534.

HOUTKOOPER, L.B., LOHMAN, T.G., GOING, S.B. y HALL, M.C. (1989). Validity of bioelectrical impedance for body composition assessment in children. *J. Appl. Physiol.*, 66: 814-821.

HOUTKOOPER, L.B., LOHMAN, T.G., GOING, S.B. y HOWELL, W.H. (1996). Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating adiposity? *Am. J. Clin. Nutr.*, 64: 436-448.

HULTMAN, E., SÖDERLUND, K., TIMMONS, J.A., CEDERBLAND, G. y GREENHAFF, P.L. (1996). Muscle creatine loading in men. *J. Appl. Physiol.*, Vol. I. 81: 232-237.

HUNTER, A. (1928). *Creatine and creatinine, monographs on biochemistry*. Longmans Green and Co. Ltd., New York.

JACKSON, A.S. y POLLOCK, M.L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *Brit. J. Nutr.*, 40: 497-504.

JACKSON, A.S., POLLOCK, M.L., GRAVES, J.E. y MAHAR, M.T. (1988). Reliability and validity of bioelectrical impedance in determining body composition. *J. Appl. Physiol.*, 64: 529-534.

JACKSON, A.S., POLLOCK, M.L. y WARD, A. (1980). Generalized equations for predicting body density of woman. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 12: 175-182.



JAFFÉ, M. (1896). Über den niederschlag, welchen pikrinsaure in normalen harnerzeugt und ubed eine neue reaction des kreatinins. *Physiol. Chem.*, 10: 391.

JANSEN, D.F., KORBIJN, C.M. y DEURENBERG, P. (1992). Variability of body density and body impedance at different frequencies. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 46: 865-871.

JARTII, L., HAKANEN, M., PAAKKUNAINEN, U., RAITTINEN, P. y RONNEMAA, T. (2000). Comparison of hand-to-leg and leg-to-leg bioelectric impedance devices in the assessment of body adiposity in prepuberal children: the STRIP study. Special Turku coronary Risk factor Intervention Project. *Acta Paediatr.*, 89: 781-786.

JENIN, P., LENOIR, J., ROULLET, C., THOMASSET, A.L. y DUCROT, H. (1975). Determination of body fluid compartments by electrical impedance measurements. *Aviat. Space Environ. Med.*, 46, 2: 152-155.

JENKINS, K.A., HEYWARD, V.H., COOK, K.L., HICKS, V.L., QUATROCHI, J.A., WILSON, W.L. y COLVILLE, B.C. (1993). Predictive accuracy of bioelectrical impedance equations for women. *Am. J. Hum. Biol.*, 6: 293-303.

JÉQUIER, J.C., LABARRE, R., RAJIC, M., BEAUCAGE, C. y SHEPHARD, R.J. (1977a). Le postulat de normalité dans les études longitudinales. En: H. LAVALLÉE y R.J. SHEPHARD (Eds.), *Frontiers of activity and child health*. Editions du Pélican, Québec: 55-65.

JÉQUIER, J.C., LAVALLÉE, H., RAJIC, M., BEAUCAGE, C. y SHEPHARD, R.J. (1977b). History and protocol of the Trois Rivières regional study. En: H. LAVALLÉE y R.J. SHEPHARD (Eds.), *The longitudinal examination of growth and development*. Editions du Pélican, Québec: 49-54.

JIMÉNEZ, J. (1994). Comparación de métodos cuantitativos de medida. *FMC.*, 1: 404-410.

JOHNSTON, F.E. (1982). Relationships between body composition and anthropometry. *Hum. Biol.*, 54: 221-245.

JOHNSTON, F.E. (1986). Somatic growth of the infant and preschool child. En: F. FALKNER y J.M. TANNER (Eds.), *Human growth v.2. Postnatal growth. Neurobiology*. Plenum Press, New York.

JONES, J.D. y BURNETT, P.C. (1974). Creatinine metabolism in humans with decreased renal function: creatinine deficit. *Clin. Chem.*, 20: 1204-1212.

KAIZU, Y., OHKAWA, S. y KUMAGAI, H. (2002). Muscle mass index in haemodialysis patients: a comparison of indices obtained by routine clinical examinations. *Nephrol. Dial. Transplant.*, 17: 442-448.

KATHLEEN, L. y ESCOTT-STUMP, S. (1998). *Nutrición y dietoterapia de Krause*. McGraw-Hill interamericana, México D.F.

KERR, D.A. (1988). *An anthropometric method for the fractionation of skin, adipose, muscle, bone and residual tissue masses in males and females age 6 to 72 years*. Thesis. Simon Fraser University, Canada.

KERR, D.A., ACKLAND, T.R. y SCHREINER, A.B. (1995). The elite athlete-assessing body shape, size, proportion and composition. *Asia Pacific. J. Clin. Nutr.*, 4: 25-29.

KEYS, A. y BROZEK, J. (1953). Body fat in adult man. *Physiol. Rev.*, 33, 3: 245-325.

KHALED, M.A., McCUTCHEON, M.J., REDDY, S., PEARMAN, P.L., HUNTER, G.R. y WEINSIER, R.L. (1988). Electrical impedance in assessing human body composition: the BIA method. *Am. J. Clin. Nutr.*, 47: 789-792.

KIDA, K., NISHIZAWA, Y., EDU, B., SAITO, K., EDU, B., KIMURA, Y., NAKAMURA, H., FUKUDA, H. y MITA, R. (1999). Estimation of body composition by bioelectrical impedance and anthropometric technique in Japanese children. *Nutr. Res.*, 19, 6: 861-868.

KNUSSMAN, R. (1988). *Anthropologie. Band I. Wesen und methoden der anthropologie*. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.

KOSZALKA, T.R. y ANDREW, C.L. (1972). Effect of insulin on the uptake of creatine-L-<sup>14</sup>C by skeletal muscle in normal and x-irradiated rats. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 139: 1265-1271.

KREIS, R., KOSTER, M., KAMBER, M., FELBINGER, J., SLOTBOOM, J., WALKER, G., HOPPELER, H. y BOESCH, C. (1996). Effect of creatine supplementation upon muscle metabolism studied by <sup>1</sup>H and <sup>31</sup>P-MRS, MRI, exercise performance testing and clinical chemistry. En: *Proceedings of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine: fourth scientific meeting*. Vol. I., New York: 1-25.

KRIESBERG, R.A., BOWDOIN, B. y MEADOR, C.K. (1970). Measurement of muscle mass in humans by isotopic dilution of creatine-<sup>14</sup>C. *J. Appl. Physiol.*, 28: 264-267.

KRISKO, I. y WALKER, J.B. (1966). Influence of sex hormones on amidinotransferase levels. Metabolic control of creatine biosynthesis. *Acta Endocrinol.*, 53: 655-662.

KUSHNER, R.F., KUNIGK, A., ALSPAUGH, M., ANDRONIS, P.T., LEITCH, C.A. y SCHOELLER, D.A. (1990). Validation of bioelectrical-impedance analysis as a measurement of change in body composition in obesity. *Am. J. Clin. Nutr.*, 52: 219-223.

KUSHNER, R.F. y SCHOELLER, D.A. (1986). Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *Am. J. Clin. Nutr.*, 44: 417-424.

KUSHNER, R.F., SCHOELLER, D.A., FJELD, C.R. y DANFORD, L. (1992). Is the impedance index ( $Ht^2/R$ ) significant in the predicting total body water? *Am. J. Clin. Nutr.*, 56: 835-839.

LAMA, R.A. (2001). Metodología para valorar el estado nutricional. *An. Esp. Pediatr.*, 55: 256-259.

LAMOTTE, M. (1965). *Estadística biológica, principios fundamentales*. Toray-Masson S.A., Barcelona.

LAWLOR, M.R., CRISMAN, R.P. y HODGON, J.A. (1985). Bioelectrical impedance analysis as a method to assess body composition. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17: 482-487.

LEAN, M.E.J., HAN, T.S. y DEURENBERG, P. (1996). Predicting body composition by densitometry from simple anthropometric measurements. *Am. J. Clin. Nutr.*, 63: 4-14.

LEE, R.C., WANG, Z.M., HEO, M., ROSS, R., JANSSEN, I. y HEYMSFIELD, S.B. (2000). Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am. J. Clin. Nutr.*, 72: 796-803.

LEHNINGER, A.L., NELSON, D.V. y COX, M.M. (1978). *Principios de bioquímica*. Segunda edición. Omega S.A., Barcelona: 376-379; 711-712.

LEÓN-SANZ, M., VALERO, M.A. y MORENO, J.M. (1996). Métodos de análisis de la composición corporal. *Alimentación, nutrición y salud (ANS)*, 3, 2: 33-43.

LIANG, M.T.C., HUEY-FEN, S. y NING-YUEAN, L. (2000). Skin temperature and skin blood flow affect bioelectric impedance study of female fat-free mass. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32: 221-227.

- LIAPPIS, N. y REIMNITZ, P. (1984). Referenzwerte der natrium-, kalium-, chlorid- und anorganischen phosphat- ausscheidung im 24 h-urin gesunder zinder. (Reference values of sodium, potassium, calcium, chloride and inorganic phosphate excretion in 24-hour urine of healthy children). *Klin. Padiatr.*, 196: 367-369.
- LOHMAN, T.G. (1981). Skinfolds and body density and their relation to body fatnes: a review. *Hum. Biol.*, 53, 2: 181-225.
- LOHMAN, T.G. (1982). Body composition methodology in sports medicine. *Physic. Sport. Med.*, 10, 12: 47-58.
- LOHMAN, T.G. (1984). Research progress in validation of laboratory methods of assessing body composition. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 16: 596-603.
- LOHMAN, T.G. (1992). *Advances in body composition assessment. Current issues in exercise science*. Human Kinetics Publ. Inc. Champaign, Illinois.
- LOHMAN, T.G., BOILEAU, R.A. y SLAUGHTER, M.H. (1984). Body composition in children and youth. En: R.A. BOILEAU (Ed.), *Human body composition*. Human Kinetics Publ. Inc., New York: 29-57.
- LOHMAN, T.G., ROCHE, A.F. y MARTORELL, R. (1988). *Anthropometric standardization reference manual*. Human Kinetics Books, Illinois.
- LOIKE, J.D., ZALUTSKY, D.L., KABACK, E., MIRANDA, A.F. y SILVERSTEIN, S.C. (1988). Extracellular creatine regulates creatine transport in rat and human muscle cells. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 85: 807-811.
- LÓPEZ, J.A., ARMENGOL, O., CHAVARREN, J. y DORADO, C. (1997). Una ecuación antropométrica para la determinación del porcentaje de grasa corporal en varones jóvenes de la población canaria. *Med. Clin.*, 108: 207-213.
- LOZANO, A., ROSELL, J. y PALLÓS-ARENY, R. (1995). Errors in prolonged electrical impedance measurements due to electrode repositioning and postural changes. *Clin. Phys. Physiol. Measurem.*, 16: 121-130.
- LUIZ, R.R., COSTA, J.L., KALE, P.L. y WERNECK, G.L. (2003). Assessment of agreement of a quantitative variable: a new graphical approach. *J. Clin. Epidemiol.*, 56, 10: 963-967.
- LUKASKI, H.C. (1987). Methods for the assessment of body composition: traditional and new. *Am. J. Clin. Nutr.*, 46: 437-456.
- LUKASKI, H.C. (1996). Estimation of muscle mass. En: A.F. ROCHE, S.B. HEYMSFIELD y T.G. LOHMAN (Eds.), *Human body composition*. Human Kinetics Publ. Inc. Champaign, Illinois: 109-128.

LUKASKI, H.C. (1997). Sarcopenia: assessment of muscle mass. *J. Nutr.*, 127: 994-997.

LUKASKI, H.C. (2000). Assessing regional muscle mass with segmental measurements of bioelectrical impedance in obese women during weight loss. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 904: 159-162.

LUKASKI, H.C. y BOLONCHUK, W.W. (1988). Estimation of body fluid volumes using tetrapolar bioelectrical impedance measurements. *Aviat. Space. Environ. Med.*, 59: 1163-1169.

LUKASKI, H.C., BOLONCHUK, W.W., HALL, C.B. y SIDERS, W.A. (1986). Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J. Appl. Physiol.*, 60: 1327-1332.

LUKASKI, H.C., JOHNSON, P.E., BOLONCHUK, W.W. y LYKKEN, G.I. (1985). Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am. J. Clin. Nutr.*, 41: 810-817.

LUKASKI, H.C. y MENDEZ, J. (1980). Relationship between fat-free weight and urinary 3-methylhistidine in man. *Metabolism.*, 29: 758-761.

LUKASKI, H.C., MENDEZ, J., BUSKIRK, E.R. y COHN, S.H. (1981). A comparison of methods of assessment of body composition including neutron activation analysis of total body nitrogen. *Metabolism.*, 30: 777-782.

LUKASKI, H.C. y SIDERS, W.A. (2003). Validity and accuracy of regional bioelectrical impedance devices to determine whole-body fatness. *Nutrition*, 19: 851-857.

LYKKEN, G.I., JACOB, R.A., MUÑOZ, J.M. y SANDSTEAD, H.H. (1980). A mathematical model of creatine metabolism in normal males: comparison between theory and experiment. *Am. J. Clin. Nutr.*, 33: 2674-2685.

MACY, R.L., NAUMANN, H.D. y BAILEY, M.E. (1970). Watersoluble flavor and odor precursors of meat. Influence of heating on acid-extractable non-nucleotide chemical constituents of beef, lamb and pork. *J. Food. Sci.*, 35: 83-87.

MALINA, R. y BOUCHARD, C. (1991). *Growth, maturation and physical activity*. Human Kinetics Publ. Inc. Champaign, Illinois.

MALLARD, J., HUTCHINSON, J.M.S., EDELSTEIN, W.A., LING, C.R., FOSTER, M.A. y JOHNSON, G. (1980). In vivo NMR imagery in medicine. The aberdeen approach, both NMR physical and biological. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.*, 280: 519-533.

- MARRODÁN, M.D., CALLEJO, M.L., OYALBIS, J. y MESA, M.S. (2004). Concordancia entre antropometría y bioimpedancia aplicando el método gráfico Bland-Altman. VIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Antropología Biológica, Caracas.
- MARRODÁN, M.D., GONZÁLEZ-MONTERO DE ESPINOSA, M. y PRADO, C. (1995). La composición corporal, espejo de la nutrición. En: *Antropología de la nutrición. Técnicas, métodos y aplicaciones*. Noesis, Madrid: 223.
- MARTIN, A.D. (1984). *An anatomical bases for assessing human body composition evidence from 25 cadavers*. Thesis. Simon Fraser University, Vancouver.
- MARTIN, A.D., DRINKWATER, D.T., CLARYS, J.P. y ROSS, W.D. (1986). The inconstancy of the fat-free mass: a reappraisal with implications for densitometry. En: T. REILLY, J. WATKINS y J. BORMS. (Eds.), *Kinanthropometry III*. F.N. Spon & Ltd., Londres: 92-97.
- MARTÍN, V., GÓMEZ, J.B. y ANTORANZ, J. (2001). Medición de la grasa corporal mediante impedancia bioeléctrica, pliegues cutáneos y ecuaciones a partir de medidas antropométricas. Análisis comparativo. *Rev. Esp. Salud Pública*, 75: 221-236.
- MARTÍN, V., GÓMEZ, J.B., DE OYA, M., GÓMEZ, A. y ANTORANZ, J. (2003). Grado de acuerdo entre los índices adiposo-musculares obtenidos a partir de medidas antropométricas del brazo, pliegues cutáneos e impedancia bioeléctrica. *Nutr. Hosp.*, 18, 2: 77-86.
- MATIEGKA, J. (1921). The testing of physical efficiency. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 4: 223-230.
- MATTHIE, J., ZAROWITZ, B., De LORENZO, A., ANDREOLI, A., KATZARSKI, K., PAN, G. y WITHERS, P. (1998). Analytic assessment of the various bioimpedance methods used to estimate body water. *J. Appl. Physiol.*, 84: 1801-1816.
- MAZESS, R.B. (1982). On aging bone loss. *Clin. Orthop. Rel. Res.*, 165: 239-252.
- MAZESS, R.B. (1990). Do bioimpedance changes reflect weight, not composition? *Am. J. Clin. Nutr.*, 51: 178-179.
- McKEE, J.E. y CAMERON, N. (1997). Bioelectrical impedance changes during the menstrual cycle. *Am. J. Hum. Biol.*, 9: 155-161.
- MENDEZ, J., LUKASKI, H.C. y BUSKIRK, E.R. (1984). Fat-free mass as a function of maximal oxygen consumption and 24-hour urinary creatinine, and 3-methylhistidine excretion. *Am. J. Clin. Nutr.*, 39: 710-715.

METERSON, B.J. (1971). Measurement of glomerular filtration rate. *Cr. C. Crit. Rev. Clin. Lab. Sci.*, 2: 1-44.

MIHIC, S.J.R., McDONALD, S., McKENZIE, S. y TARNOPOLSKY, A. (2000). Acute creatine loading on creases fat-free mass but not affect blood pressure, plasma creatinine, or CK activity in men and women. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 32, 2: 291-296.

MITCH, W.E., COLLIER, V.U. y WALSER, M.A. (1980). Creatinine metabolism in chronic renal failure. *Clin. Sci.*, 58: 327-355.

MITCH, W.E. y WALSER, M.A. (1978). A proposed mechanism for reduced creatinine excretion in severe chronic renal failure. *Nephron.*, 21: 248-254.

MODI, N. y HUTTON, J.L. (1990). Urinary creatinine excretion and estimation of muscle mass in infants of 25-34 weeks gestation. *Acta Paediatr. Scand.*, 79: 1156-1162.

MOLINERO, L.M. (2001). Errores de medida en variables numéricas: correlación y concordancia. *Asoc. Soc. Esp. Hipert.* Revista digital: [www.seh-lilha.org](http://www.seh-lilha.org).

MOREHOUSE, C.A. y STULL, G.A. (1975). *Statistical principles and procedures with applications for physical education*. Lea & Febiger, Philadelphia: 108.

MUELLER, W.H., HARRIST, R.B., DOYLE, S.R. y LABARTHE, D.R. (2004). Percentiles of body composition from bioelectrical impedance and body measurements in U.S. adolescents 8-17 years old: Project HeartBeat. *Am. J. Hum. Biol.*, 16, 2: 135-150.

MÜLLER, R. y BÜTTNER, P. (1994). A critical discussion of intraclass correlation coefficients. *Statmed.*, 13: 2465-2476.

MYERS, V.C. y FINE, M.J. (1913). The creatine content of muscle under normal conditions: its relation to the urinary creatinine. *J. Biol. Chem.*, 14: 9-26.

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (NIH) (1996). Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health technology assessment conference statement. *Am. J. Clin. Nutr.*, 64: 524-532.

NÚÑEZ, C., CARVAJAL, A., TURRERO, E. y MOREIRAS, O. (1994). Contribución al estudio de la composición corporal de un grupo de mujeres jóvenes mediante análisis de impedancia bioeléctrica. *Nutr. Hosp.*, 9: 262-267.

NÚÑEZ, C., GALLAGHER, D., VISSER, M., PI-SUNYER, F.X., WANG, Z. y HEYMSFIELD, S.B. (1997). Bioimpedance analysis: evaluation of leg-to-leg system

based on pressure contact footpad electrodes. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 29, 4: 524-531.

NYBOER, J. (1959). *Electrical impedance plethysmography*. Charles C. Thomas. Springfield, Illinois.

NYBOER, J. (1972). Workable volume and flow concepts of bio-segments by electrical impedance plethysmography. *Tit. Life Sci.*, 2: 1-13.

NYBOER, J., BAGNO, S., BARNETT, A. y HALSEY, R.H. (1940). Cardiograms electrical impedance changes of the heart in relation to electrocardiograms and heart sounds. *Clin. Invest.*, 19: 963.

NYBOER, J., BAGNO, S. y NIMS, L.F. (1943). *The electrical impedance plethysmograph an electrical volume recorder*. National Research Council, Committee on Aviation, Washington.

OLDHAM, N. (1996). Overview of bioelectrical impedance analyzers. *Am. J. Clin. Nutr.*, 64 (suppl): 405-412.

OLESEN, K.H. (1965). Body composition in normal adults. En: J. BROZEK (Ed.), *Human body composition*. Pergamon Press, Oxford: 177-190.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS) (1998). *Unsafe abortion. Global and regional estimates of indice and mortality due unsafe abortion with a listing of available country data*. Ginebra.

ORTEGA, L., NOVELLÓN, E. y SÁNCHEZ-ANDRÉS, A. (2000). Composición corporal en jóvenes universitarios: antropometría frente a impedancia bioeléctrica. En: T.A. VARELA (Ed.), *Investigaciones en biodiversidad humana. Actas del X Congreso de Antropología*. Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela: 640-647.

PACE, N. y RATHBUN, E.N. (1945). The body water and chemically combined nitrogen content in relation to fat content. *J. Biol. Chem.*, 158: 685-691.

PACHECO, J.L. (1993a). *Antropometría de los atletas españoles de élite*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense, Madrid.

PACHECO, J.L. (1993b). La proporcionalidad corporal. En: *Manual de cineantropometría*. Grupo español de cineantropometría (GREC). FEMEDE, Madrid: 95-112.

PACHECO, J.L. y CANDIA, A. (1999). Análisis de un modelo cineantropométrico de composición corporal en atletas. *Arch. Med. Dep.*, 16, 73: 415-420.



- PALLADIN, A. y WALLENBURGER, L. (1915). Contribution a l'etude de la formation de la creatine dans l'organisme animal. *Compt. Rend. Soc. Biol.*, 2: 111-113.
- PANOTOPOULOS, G., CHARLES, J., GUY-GRAND, B. y BASDEVANT, A. (2001). Dual x-ray absorptiometry, bioelectrical impedance, and near infrared interactance in obese women. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 33, 4: 665-670.
- PARIZKOVA, J. (1977). *Body fat and physical fitness*. Martinus Nijhoff, La Haya.
- PARKER, L., REILLY, J.J., SLATER, C., WELLS, J.C.K. y PITSILADIS, J. (2003). Validity of six field and laboratory methods for measurement of body composition in boys. *Obes. Res.*, 11: 852-858.
- PEMBERTON, C.M. y GASTINEAU, C.F. (1988). *Manual de la Clínica Mayo*. Ediciones Medici, Barcelona.
- PÉRTEGAS, S. y PITA, S. (2001). La distribución normal. *Cad. Aten. Primaria*, 8: 268-274.
- PETER, S., DAVIES, W. y PREECE, M.A. (1988). The prediction of total body water using bioelectrical impedance in children and adolescents. *Ann. Hum. Biol.*, 15: 227-240.
- PETERSON, M.J., CZERWINSKI, S.A. y SIERVOGEL, R.M. (2003). Development and validation of skinfold-thickness prediction equations with a 4-compartment model. *Am. J. Clin. Nutr.*, 77, 5: 1186-1191.
- PETHIG, R. (1979). *Dielectrical and electronic properties of biological materials*. John Wiley & Sons, Chichester.
- PICHARD, C., KYLE, U.G., BRACCO, D., SLOSMAN, D.O., MORABIA, A. y SCHUTZ, Y. (2000). Reference values of fat-free and fat masses by bioelectrical impedance analysis in 3393 healthy subjects. *Nutrition*, 16, 4: 245-254.
- PICOU, D., REEDS, P.J., JACKSON, A. y POULTER, N. (1976). The measurement of muscle mass in children using creatine-<sup>15</sup>N. *Pediatr. Res.*, 10: 184-188.
- PIERS, L.S., SOARES, M.J., FRANDBSEN, S.L. y O'DEA, K. (2000). Indirect estimates of body composition are useful for groups but unreliable in individuals. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 24: 1145-1152.
- PIETROBELLI, A. y TATO, L. (2005). Body composition measurements: from the past to the future. *Acta Paediatr. Suppl.*, 94: 8-13.

PORTA, J. y TEJEDO, A. (1993). La valoración de la composición corporal. Utopías y realidades. En: *Simposio sobre composición corporal y deporte*. Fundación valenciana de estudios avanzados, Valencia.

PORTA, J., TEJEDO, A. y GONZÁLEZ-SUSO, J.M. (1993). La valoración de la composición corporal. Utopías y realidades. En: *Manual de cineantropometría*. Grupo español de cineantropometría (GREC). FEMEDE, Madrid: 95-112.

PRIETO, L., LAMARCA, R. y CASADO, A. (1998). La evaluación de la fiabilidad en las observaciones clínicas: el coeficiente de correlación intraclase. *Med. Clin.*, 110: 142-145.

PROCTOR, D.N., O'BRIEN, P.C., ATKINSON, E.J. y NAIR, K.S. (1999). Comparison of techniques to estimate total body skeletal muscle mass in people of different age groups. *Am. J. Physiol.*, 277: 489-495.

QUETELET, A. (1869). *Physique sociale*. Vol. II. Muquardt, Bruselas.

RANSIL, B.J., GREENBLATT, D.J. y KOCH-WESER, J. (1977). Evidence for systematic temporal variation in 24-hr urinary creatinine excretion. *J. Clin. Pharmacol.*, 17: 108-119.

REMER, T., NEUBERT, A. y MASER-GLUTH, C. (2002). Anthropometry-based reference values for 24-h urinary creatinine during growth and their use in endocrine and nutritional research. *Am. J. Clin. Nutr.*, 75: 561-569.

RICOSANZ, J. (1997). Efectos de suplementación de creatina en el metabolismo muscular y energético. *Arch. Med. Dep.*, Vol. XIV. 61: 391-396.

RISING, R., SWINBURN, B., LARSON, K. y RAVUSSIN, E. (1991). Body composition in Pima Indians: validation of bioelectrical resistance. *Am. J. Clin. Nutr.*, 53: 594-598.

RIVAS, R., MARRODÁN, M.D., PRADO, C. y CÁCERES, I. (2004). Estudios de composición corporal en la población femenina de Lozoya Somosierra (Madrid). Comparación metodológica de la estimación del porcentaje de grasa. En: J.E., EGOACHEAGA (Ed.), *Biología de las poblaciones humanas, diversidad, tiempo y espacio*. Universidad de Oviedo, Oviedo: 441-450.

RIVERA, J.M. (2006). Valoración del somatotipo y proporcionalidad de futbolistas universitarios mexicanos respecto a futbolistas profesionales. *Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fis. Dep.*, 21. Revista digital: [www.cdeporte.rediris.es](http://www.cdeporte.rediris.es).

ROCHE, A.F. (1987). Some aspects of the criterion methods for the measurement of body composition. *Hum. Biol.*, 59, 2: 209-220.

ROCHE, A.F., GUO, S., SIERVOGEL, R.M., CHUMLEA, W.M.C. y BELLISARI, A. (1991). New Field methods for the study of body composition. En: M. BOTELLA, S.A. JIMÉNEZ, L. RUIZ y P.H. DU SOUICH. (Eds.), *Nuevas Perspectivas en Antropología*. Universidad de Granada, Granada: 819-827.

RODRÍGUEZ, C. (1992). *Composición corporal y deporte*. INDER, La Habana.

RODRÍGUEZ-MARTÍNEZ, G., SARRÍA, A., MORENO, L., FLETA, J. y BUENO, M. (1998). Diferencias entre la mañana y la tarde en la valoración nutricional del niño mediante impedancia bioeléctrica. *An. Esp. Pediatr.*, 49: 145-150.

ROMERO, J.F. (1997). *Cineantropometría comparada de ciclistas españoles de élite*. Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá de Henares, Madrid.

ROSS, R., LEGER, L., MARTIN, P. y ROY, R. (1989). Sensitivity of bioelectrical impedance to detect changes in human body composition. *J. Appl. Physiol.*, 67: 1643-1648.

ROSS, W.D. (1985). The Phantom stratagem for proportional growth assessment: questions and answers. *Hum. Biol.*, 16: 153-167.

ROSS, W.D., BAILEY, D.A. y WEESE, C.H. (1977). Proportionality in the interpretation of longitudinal metabolic function data on boys. En: H. LAVALLÉE y R.J. SHEPHARD (Eds.), *Frontiers of activity and child health*. Editions du Pélican, Quebec: 225-236.

ROSS, W.D., BROWN, S.R., HEBBELINK, M. y FAULKNER, R.A. (1978). Kinanthropometry terminology and landmarks. En: R.J. SHEPHARD y H. LAVALLE (Eds.), *Physical fitness assessment*. Charles C. Thomas. Springfield, Illinois: 44-50.

ROSS, W.D., DRINKWATER, D.T., BAILEY, D.A., MARSHALL, G.R. y LEAHY, R.M. (1980). Kinanthropometry traditions and new perspective. En: G. BEUNEN, M. OSTYN y J. SIMONS (Eds.), *Kinanthropometry II*. University Park Press, Baltimore: 3-27.

ROSS, W.D., EIBEN, O.G., WARD, R., MARTIN, A.D., DRINKWATER, D.T. y CLARYS, J. (1986). Alternatives for the conventional methods of human body composition and physique assessment. En: J.A.P. DAY (Ed.), *Perspectives in kinanthropometry, the 1984 olympic Sci. congress proc.* Vol I. Human Kinetics Publ. Inc. Champaign, Illinois: 203-220.

ROSS, W.D. y KERR, D.A. (1991). Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medición deportiva. *Apunts*, 18: 175-187.

ROSS, W.D. y MARFELL-JONES, M.J. (1991). Kinanthropometry. En: J.D. McDOUGALL, H.A WENGER y H.J. GREEN (Eds.), *Physiological testing of high-performance athletes*. Human Kinetics Publ. Inc. Champaign, Illinois: 223-308.

ROSS, W.D. y WARD, R. (1984). Proportionality. En: J.E.L. CARTER (Ed.), *Physical structure of olympic athletes, part II: kinanthropometric of olympic athletes*. S. Karger, Basilea: 110-143.

ROSS, W.D., WARD, R., LEATHY, R.M. y DAY, J.A.P. (1982). Proportionality of Montreal athletes. En: J.E.L. CARTER (Ed.), *Physical structure of olympic athletes, part I: the Montreal olympic games anthropological project*. Karger, Basilea: 81-106.

ROSS, W.D. y WILSON, N.C. (1974). A stratagem for proportional growth assessment. *Acta Paediat. Belgica*, 28: 169-182.

SAKS, V.A., ROSENSHTRAUKH, L.V., SMIRNOV, V.N. y CHAZOV, E.I. (1978). Role creatine phosphokinase in cellular function and metabolism. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 56: 691-706.

SALAZAR, M.A., ROCHA, M.A. y MARDONES, F. (2005). ¿Es útil la antropometría para estimar la composición corporal en niños preescolares? *Arch. Pediatr. Urug.*, 76, 3: 265-271.

SÁNCHEZ, C., REQUENA, B. y ZABALA, M. (2003). Determinación del perfil antropométrico de jóvenes corredores de mediofondo de élite. *EF. Deportes*, 58. Revista digital: [www.efdeportes.com](http://www.efdeportes.com).

SÁNCHEZ-ANDRÉS, A. (1992). *Correlaciones familiares de caracteres antropológicos en la población española*. Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá de Henares, Madrid.

SANDBERG, A.A., HECHT, H.H. y TAYLER, F. (1953). Studies of disorders of muscle X. The site of creatine synthesis in the human. *Metab. Clin. Exp.*, 2: 22.

SANTANA, S., BARRETO, J., MARTÍNEZ, C., ESPINOSA, A. y MORALES, L. (2003). Evaluación nutricional. *Act. Med.*, 11, 1: 26-37.

SANTOS, M.G., MARRODÁN, M.D., MESA, M.S., PACHECO, J.L., BEJARANO, I., ALFARO, E., DIPIERRI, J.E. (2006). Comparison of methods for body composition assessment in Argentinian and Spanish young people. En: *15th Congress of the European Anthropological Association*, Budapest.

SAVABI, F. (1988). Free creatine available to the creatine phosphate energy shuttle in isolated rat atria. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 85: 7476-7480.

SCHERF, J., FRANKLIN, B.A., LUCAS, C.P., STEVENSON, D. y RUBENFIRE, M. (1986). Validity of skinfold thickness measures of formerly obese adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, 43: 128-135.

SCHILLER, W.R., LONG, C.L. y BLAKEMORE, W.S. (1979). Creatinine and nitrogen excretion in seriously ill and injured patients. *Surg. Gynecol. Obstet.*, 149: 561-566.

SCHOELLER, D.A. (2000). Bioelectrical impedance analysis what does it measure? *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 904: 317-326.

SCHULTINK, W., LAWRENCE, M., VAN RAAIJ, J., SCOTT, W. y HAUTVAST, J. (1992). Body composition of rural Beninese women in different seasons assessed by skinfold thickness and bioelectrical-impedance measurements and by a deuterium oxide dilution technique. *Am. J. Clin. Nutr.*, 55: 321-325.

SCHUTTE, J.E., LONGHURST, J.C., GAFFNEY, F.A., BASTIAN, B.C. y BLOMQVIST, C.G. (1981). Total plasma creatinine: an accurate measure of total striated muscle mass. *Am. J. Physiol.*, 239: 524-530.

SCRIMSHAW, N.S., HABICHT, J.P., PICHE, M.L., CHOLAKOS, B. y ARROYAVE, G. (1966). Protein metabolism of young men during university examinations. *Am. J. Clin. Nutr.*, 18: 321-324.

SEGAL, K.R., BURASTERO, A., CHUN, A., CORONEL, P., PIERSON, R.N. y WANG, J. (1991). Estimation of extracellular and total body water by multiple-frequency bioelectrical-impedance measurements. *Am. J. Clin. Nutr.*, 54: 26-29.

SEGAL, K.R., GUTIN, B., PRESTA, E., WANG, J. y VAN ITALLIE, T.B. (1985). Estimation of human body composition by electrical impedance methods: a comparative study. *J. Appl. Physiol.*, 58: 1565-1571.

SEGAL, K.R., VAN LOAN, M., FITZGERALD, P.I., HODGDON, J.A. y VAN ITALLIE, T.B. (1988). Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis; a four-site cross-validation study. *Am. J. Clin. Nutr.*, 47: 7-14.

SEIDELL, J.C., OOSTERLEE, A., THIJSSSEN, M., BUREMA, J., DEURENBERG, P., HAUTVAST, J. y RUIS, J. (1987). Assessment of intra-abdominal and subcutaneous abdominal fat: relation between anthropometry and computed tomography. *Am. J. Clin. Nutr.*, 45: 7-13.

SERAYDARIAN, M.W. y ARTAZA, L. (1976). Regulation of energy metabolism by creatine in cardiac and skeletal muscle cells in culture. *J. Mol. Cell. Cardiol.*, 6: 405-413.

SETTLE, R.G., FOSTER, K.R., EPSTEIN, B.R. y MULLEN, J.L. (1980). Nutritional assessment: whole body impedance and body fluid compartments. *Nutr. Cancer*, 2: 72-80.

SHAIKH, S. y MAHALANABIS, D. (2004). Empirically derived new equations for calculating body fat percentage based on skinfold thickness and midarm circumference in preschool Indian children. *Am. J. Hum. Biol.*, 16: 278-288.

SHEMESH, O., GOLBETZ, H., KRISS, J.P. y MYERS, D.B. (1985). Limitations of creatinine as a filtration marker in glomerulopathic patients. *Kidney Int.*, 28: 830-838.

SHEPHARD, R.J. (1982). *Physical activity and growth*. Year book publishers, Chicago.

SHEPHARD, R.J. (1991). *Body composition in biological anthropology*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

SHEPHARD, R.J., LABARRE, R., JÉQUIER, J.C., LAVALLEE, H., RAJIC, M. y VOLLE, M. (1985). The "unisex Phantom" sexual dimorphism, and proportional growth assessment. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 67: 403-412.

SINNING, W.E., MOORE, C.E., BOILEAU, R.A., GOING, S., LOHMAN, T.G., VAN LOAN, M. y WILMORE, J.H. (1987). Variability of estimating body composition measures by skinfolds and bioresistance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 19: 234.

SINNING, W.E. y WILSON, J.R. (1984). Validity of generalized equations for body composition analysis in women athletes. *Res. Quart. Exerc. Sport.*, 55: 153-160.

SIPIĽA, I., RAPOLA, J., SIMELL, O. y VANNAS, A. (1981). Supplementary creatine as a treatment for gyrate atrophy of the choroid and retina. *New. Eng. J. Med.*, 304: 867-870.

SIRI, W.E. (1961). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. En: J. BROZEK y A. HENSCHER (Eds.), *Techniques for measuring body composition*. Nat. Acad. Sci. Nat. Res., Washington: 223-244.

SLAUGHTER, M.H., LOHMAN, T.G. y BOILEAU, R.A. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum. Biol.*, 60: 709-712.

SLOAN, A.W. (1967). Estimation of body fat in young men. *J. Appl. Physiol.*, 23: 311-315.

SLOAN, A.W., BURT, J.J. y BLYTH, C.S. (1962). Estimation of body fat in young women. *J. Appl. Physiol.*, 17: 967-970.

SMITH, O.W. (1942). Creatinine excretion in women: data collected in the course of urinalysis for female sex hormones. *J. Clin. Endocrinol.*, 2: 1-12.

SOCIEDAD ESPAÑOLA PARA EL ESTUDIO DE LA OBESIDAD (SEEDO) (1995). Consenso español 1995 para la evaluación de la obesidad y para la realización de estudios epidemiológicos. *Med. Clin.*, 107: 782-787.

SOCIEDAD ESPAÑOLA PARA EL ESTUDIO DE LA OBESIDAD (SEEDO) (2000). Consenso SEEDO para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Med. Clin.*, 115: 587-597.

SORA, I., RICHMAN, J., SANTORO, G., WEI, H., WANG, Y., VANDERAH, T., HORVATH, R., NGUYEN, M., WAITE, S., ROESKE, W.R. y HYAMAMURA, J. (1994). The cloning and expression of a human creatine transporter. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, Vol. I. 204: 419-427.

SPARLING, P.B., MILLARD-STAFFORD, M., ROSSKOPF, L.B., DICARLO, L.J. y HINSON, B.T. (1993). Body composition by bioelectric impedance and densitometry in black women. *Am. J. Hum. Biol.*, 5: 111-117.

S.P.S.S. (1995). *Statistical package of social sciences*. Versión 6.0. Spss, Inc. Chicago.

SRIVASTAVA, S.S., MANI, K.V., SONI, C.M. y BHATTI, J. (1957). Effect of muscular exercises on urinary excretion of creatine and creatinine. *Ind. J. Med. Res.*, 55: 953-960.

STATISTICA. (2001). *Data analysis software system*. Versión 6.0. Statsoft, Inc. Chicago.

STEWART, S.P., BRAMLEY, P.N., HEIGHTON, R., GREEN, J.H., HORSMAN, A., LOSOWSKY, M.S. y SMITH, M.A. (1993). Estimation of body composition from bioelectrical impedance of body segments: comparison with dual-energy X-ray absorptiometry. *Br. J. Nutr.*, 6, 3: 645-655.

STOLARCZYK, L.M., HEYWARD, V.H., HICKS, V.L. y BAUMGARTNER, R.N. (1994). Predictive accuracy of bioelectrical impedance in estimating body composition of native American women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 59: 964-970.

STOLARCZYK, L.M., HEYWARD, V.H., VAN LOAN, M.D., HICKS, V.L., WILSON, W.L. y REANO, L.M. (1997). The fatness-specific bioelectrical impedance analysis

equations of Segal *et al.*: are they generalizable and practical? *Am. J. Clin. Nutr.*, 66: 8-17.

STRYER, L. (1988). *Bioquímica*. Tercera edición. Reverté S.A., Barcelona: 943.

STUMP, C.S., HOUTKOOPER, L.B., HEWITT, H.J., GOING, S.B. y LOHMAN, T.G. (1987). Bioelectric impedance variability with dehydration and exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 19: 82.

SUN, S.S., CHUMLEA, W.C., HEYMSFIELD, S.B., LUKASKI, H.C., SCHOELLER, D., FRIEDL, K., KUCZMARSKI, R.J., FLEGAL, K.M., JOHNSON, C.L. y HUBBARD, V.S. (2003). Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am. J. Clin. Nutr.*, 77: 331-340.

SWEID, H.A., BAGGA, A., VASWANI, M., VASUDEV, V., AHUJA, R.K. y SRIVASTAVA, R.N. (1997). Urinary excretion of minerals, oxalate, and uric acid in north Indian children. *Pediatr. Nephrol.*, 11: 189-192.

TALBOT, N.B. (1938). Measurement of obesity by the creatinine coefficient. *Am. J. Diseases. Child.*, 55: 42-50.

TANAKA, K., NAKADOMO, F., WATANABE, K., INAGAKI, A., KYUNG, H. y MATSUURA, Y. (1992). Body composition prediction equations based on bioelectrical impedance and anthropometric variables for Japanese obese women. *Am. J. Hum. Biol.*, 4: 739-745.

TANNER, J.M. (1962). *Growth at adolescence*. Blackwell Sci. Publ., Oxford.

TERAN, I.C., SPARKS, K.E., QUINN, L.M., FERNANDEZ, B.S., KREY, S.H. y STEFFEE, N.P. (1991). Percent body fat in obese white females predicted by anthropometric measurements. *Am. J. Clin. Nutr.*, 53: 7-13.

THOMAS, B.J., CORNISH, B.H. y WARD, L.C. (1992). Bioelectrical impedance analysis for measurement of body fluid volumen: a review. *J. Clin. Engin.*, 17: 505-510.

THOMASSETT, A. (1962). Bio-electrical properties of tissues. *Lyon. Med.*, 207: 107-118.

THRELFALL, C.J., STONER, H.M. y GALASKO, C.S.B. (1981). Patterns in the excretion of muscle markers after trauma and orthopedic surgery. *J. Trauma.*, 21: 140-147.



TOGO, M. y TOGO, T. (1988). Initiation time of adolescent growth spurt estimated by a certain trough in time-series analysis of monthly anthropometric and urinalysis data in five siblings. *Hum. Biol.*, 60: 223-235.

TOSELLI, S. y GUALDI-RUSSO, E. (1999). Estimation of body composition from bioelectrical impedance of body segments. *Int. J. Anthropol.*, 14, 1: 71-82.

TREUTH, M.S., BUTTE, N.F., WONG, W.W. y ELLIS, K.J. (2001). Body composition in prepuberal girls: comparison of six methods. *Int. J. Obes.*, 25: 1352-1359.

TRIPPO, U., KOEBNICK, C., ZUNFT, H.J. y GREIL, H. (2004). Bioelectrical impedance analysis for predicting body composition: what about the external validity of new regression equations? *Am. J. Clin. Nutr.*, 79: 335-337.

TROWBRIDGE, F.L., HINER, C.D. y ROBERTSON, A.D. (1982). Arm muscle indicators and creatinine excretion in children. *Am. J. Clin. Nutr.*, 36: 691-696.

ULIJASZEK, S.J. y KERR, D.A. (1999). Anthropometric measurement error and the assessment of nutritional status. *Br. J. Nutr.*, 82: 165-177.

URREJOLA, P., HODGSON, M.I. e ICAZA, M.G. (2001). Evaluación de la composición corporal en niñas usando impedanciometría bioeléctrica y pliegues subcutáneos. *Rev. Chil. Pediatr.*, 72, 26-33.

VALTUEÑA, S., ARIJA, V. y SALAS-SALVADÓ, J. (1996). Estado actual de los métodos de evaluación de la composición corporal: descripción, reproductibilidad, precisión, ámbitos de aplicación, seguridad, coste y perspectivas de futuro. *Med. Clin.*, 106, 624-635.

VAN LOAN, M.D., BOILEAU, R.A., SLAUGHTER, M.H., STILLMAN, R.J., LOHMAN, T.G., GOING, S.B. y CARSWELL, C. (1990). Association of bioelectrical resistance with estimates of fat-free mass determined by densitometry and hydrometry. *Am. J. Hum. Biol.*, 2: 219-226.

VAN LOAN, M.D. y MAYCLIN, P.L. (1987). Bioelectrical impedance analysis: is it a reliable estimator of lean body mass and total body water? *Hum. Biol.*, 59: 299-309.

VAN LOAN, M.D. y MAYCLIN, P.L. (1992). Use of multi-frequency bioelectrical impedance analysis for the estimation of extracellular fluid. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 46: 117-124.

VAN LOAN, M.D., WITHERS, P., MATTHIE, J. y MAYCLIN, P.L. (1983). Use of bioimpedance spectroscopy to determine extracellular fluid, intracellular fluid,

total body water, and fat free mass. En: K.J. ELLIS (Ed.), *Human body composition*. Plenum Press, New York.

VAN PILSUM, J.F. (1957). Creatin and creatine-P in normal and protein depleted rats. *J. Biol. Chem.*, 228: 145-148.

VIERORD, H. (1906). *Date und tabellen fur mediziner*. Gustav Fischer, Stuttgart: 36-43.

VITERI, F.E. y ALVARADO, J. (1970). The creatinine height index: its use in the estimation of the degree of protein depletion and repletion in protein calorie malnourished children. *Pediatrics*, 46: 696-706.

VON DÖBELN, W. (1966). Kroppsstorlek, energiomsättning och kondition. En: G. LUTHMAN, U. AGBERG y N. LUNDGREN (Eds.), *Handboki ergonomi*. Almqvist & Wiksell, Stockholm.

WALKER, J.B. (1979). Creatine: biosynthesis, regulation and function. *Adv. Enzymol. Relat. Areas Mol. Med.*, 50: 177-242.

WALKER, J.B. y WALKER, M.S. (1959). Formation of creatine from guanidinoacetate in pancreas. *Proc. Soc. Exp. Biol.*, 101: 807.

WALKER, S.P., GRANTHAM-McGREGOR, S., POWELL, C., FLETCHER, P. y HIMES, J.H. (1990). Bioelectrical impedance, anthropometry and body composition in stunted and non-stunted children. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 44: 763-768.

WALLIMANN, T., WYSS, M., BRDICZKA, D. y NICOLAY, K. (1992). Intracellular compartmentation, structure and function of creatine kinase isoenzymes in tissues with high and fluctuating energy demands: the phosphocreatine circuit for cellular energy homeostasis. *Biochem. J.*, 281: 21-40.

WANG, J., THORNTON, J.C., KOLESNIK, S. y PIERSON, R.N. (2004). Anthropometry in body composition: an overview. *Am. J. Clin. Nutr.*, 79, 2: 335-336.

WANG, Z., WANG, Z.M. y HEYMSFIELD, S.B. (1999a). History of the study of human composition: a brief revision. *Am. J. Hum. Biol.*, 11: 157-165.

WANG, Z.M., DEURENBERG, P., WANG, Z., PIETROBELLI, A., BAUMGARTNER, R.N. y HEYMSFIELD, S.B. (1999b). Hydration of fat-free mass: review and critique of a classic body composition constant. *Am. J. Clin. Nutr.*, 69: 833-841.

WANG, Z.M., GALLAGHER, D., NELSON, M.E., MATTHEWS, D.E. y HEYMSFIELD, S.B. (1996). Total-body skeletal muscle mass: evaluation of 24-h urinary creatinine excretion by computerized axial tomography. *Am. J. Clin. Nutr.*, 63: 863-869.

WANG, Z.M., PIERSON, R.N. y HEYMSFIELD, S.B. (1992). The five-level model: a new approach to organizing body composition research. *Am. J. Clin. Nutr.*, 56: 19-28.

WATERLOW, J.C., NEALE, R.J., ROWE, L. y PALIN, I. (1972). Effect of diet and infection on creatine turnover in the rat. *Am. J. Clin. Nutr.*, 25: 371-375.

WEINER, J.S. y LOURIE, J.A. (1981). *Practical Human Biology*. Academic Press Oxford, Londres.

WELLE, S., THORNTON, C., TOTTERMAN, S. y FORBES, G. (1996). Utility of creatinine excretion in body-composition studies of healthy men and women older than 60 y. *Am. J. Clin. Nutr.*, 63: 151-156.

WELLS, J.C.K. y FEWTRELL, M.S. (2006). Measuring body composition. *Arch. Dis. Child.*, 91, 7: 612-617.

WILLIAMS, C.A. y BALEN, P. (1998). Bias and limits of agreement between hydrodensitometry, bioelectrical impedance and skinfold calipers measures of percentage body fat. *Eur. J. Appl.*, 77: 271-277.

WILMORE, J.H. (1983). Body composition in sport and exercise: directions for future research. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 15: 21-31.

WILMORE, J.H. y BEHNKE, A.R. (1970). An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 23: 267-274.

WILMORE, K.M., McBRIDE, P.J. y WILMORE, J.H. (1994). Comparison of bioelectrical impedance and near-infrared interactance for human body composition assessment in a population of self-perceived overweight adults. *Int. J. Obes.*, 18: 375-381.

WYSS, M. y KADDURAH-DAOUK, R. (2000). Creatine and creatinine metabolism. *Physiol. Rev.*, 80: 1107-1213.

YANNAKOULIA, M., KERAMOPOULOS, A., TSAKALAKOS, N. y MATALAS, A.L. (2000). Body composition in dancers: the bioelectrical impedance method. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32: 228-234.

YUHASZ, M.S. (1974). *Physical fitness manual*. Univ. Of Western Ontario, Canada.





## 7. APÉNDICE



## 7.1. APÉNDICE I: fichas para el registro de variables

Se muestran las hojas empleadas para la toma de los datos.

### Antropometría

Apellidos:	Nombre:	Fecha de Observación:	Nº de Registro:
Peso (kg):		Estatura (cm):	
<b><u>Pliegues (mm):</u></b>			
Tricipital	Bicipital		
Subescapular	Abdominal	Supraespinal	
Muslo Anterior	Pantorrilla		
<b><u>Perímetros (cm):</u></b>			
Brazo Extendido	Brazo Flexionado	Antebrazo	
Muñeca	Muslo	Pantorrilla	
Tobillo	Cintura	Abdomen	
Cadera			
<b><u>Diámetros (cm):</u></b>			
Bicondilar Fémur	Bicondilar Húmero		
Biiliocrestal	Biacromial		
Transverso Tórax	Anteroposterior Tórax		

### Bioimpedancia

Apellidos:	Nombre:	Fecha de Observación:	Nº de Registro:
Edad:		Sexo:	
Estatura (cm):	Peso (kg):	Bioimpedancia ( $\Omega$ ):	
Masa grasa (FM) (kg):		Masa libre de grasa (FFM) (kg):	

# **Creatinina**

Apellidos:	Nombre:	Fecha de Observación:	Nº de Registro:
Muestra patrón		Concentración final ( $\mu\text{g/ml}$ )	Absorbancia-520 nm
Patrón- 1		1,25	.....
Patrón- 2		2,5	.....
Patrón- 3		5,0	.....
Patrón- 4		7,5	.....
Patrón- 5		10,0	.....
Patrón- 6		12,5	.....
Patrón- 7		15,0	.....
Recta de regresión:			

Muestra problema		$C_f$	$C_i$	$C_d$	Absorbancia
Problema-1	1/50	.....	.....	.....	.....
Problema-1	1/100	.....	.....	.....	.....
Problema-1	1/200	.....	.....	.....	.....
Problema-2	1/50	.....	.....	.....	.....
Problema-2	1/100	.....	.....	.....	.....
Problema-2	1/200	.....	.....	.....	.....

Muestra-1 ( $C_{d1}$ ): .....

Muestra-2 ( $C_{d2}$ ): .....

Media ( $C_m$ ): .....



## 7.2. APÉNDICE II: Bland Altman en distintas variables

Se han comparado dos de las ecuaciones empleadas en este trabajo (Deurenberg *et al.*<sup>1</sup> y Phantom) aplicando el método gráfico Bland y Altman (1986), dicha comparación se ha efectuado mediante el uso de dos variables distintas: el porcentaje de masa grasa y la masa libre de grasa (FFM). En lo obtenido se observa que como era de esperar en términos absolutos se obtienen valores distintos según la variable con la que se establece el contraste, si bien, en términos relativos sale en ambos casos lo mismo; es decir, en este ejemplo concreto se obtiene siempre mayor concordancia entre las ecuaciones en mujeres, así mismo, las diferencias entre medias e intervalos entre sexos son similares al contrastar con FFM y con masa grasa.

	Deurenberg <i>et al.</i> <sup>1</sup> - Phantom	FFM (kg)	Masa grasa (%)
Varones (n = 62)	Media* $\pm$ SD	4,77 $\pm$ 4,54	-2,59 $\pm$ 6,29
	Intervalo concordancia	17,79	25,03
Mujeres (n = 198)	Media* $\pm$ SD	1,88 $\pm$ 2,77	0,78 $\pm$ 4,85
	Intervalo concordancia	11,05	19,30

\* Media de la diferencia.

### 7.3. APÉNDICE III: excreción de creatinina

Pemberton y Gastineau (1988) ofrecen unas tablas de referencia que muestran la eliminación de creatinina en 24 horas en función del sexo, la estatura y la masa total del individuo.

#### VARONES

Altura (cm)	Peso-bajo (kg)	Creatinina (mg)	Peso-medio (kg)	Creatinina (mg)	Peso-alto (kg)	Creatinina (mg)
162,5	56,8	1306	60,4	1389	65,2	1500
165,1	58,4	1343	62,0	1426	66,8	1536
167,6	60,2	1385	63,9	1470	68,9	1585
170,2	62,0	1426	65,9	1516	71,1	1635
172,7	63,9	1470	67,7	1557	72,9	1677
175,3	65,9	1516	69,5	1598	74,8	1720
177,8	67,7	1557	71,6	1647	76,8	1766
180,3	69,5	1599	73,6	1693	79,1	1819
182,9	71,4	1642	75,7	1741	81,1	1865
185,4	73,4	1688	77,7	1787	83,4	1918
187,9	75,2	1730	80,0	1846	85,7	1971
190,5	77,0	1771	82,3	1893	87,7	2017

#### MUJERES

149,8	46,8	842	50,0	900	54,5	981
152,4	48,2	868	51,4	925	55,9	1006
154,9	49,5	891	52,7	949	57,3	1031
157,5	50,9	916	54,3	977	58,9	1060
160,0	52,3	941	55,9	1006	60,6	1091
162,5	53,9	970	57,9	1042	62,5	1125
165,1	55,7	1003	59,8	1076	64,3	1157
167,6	57,5	1035	61,6	1109	66,1	1190
170,2	59,3	1067	63,4	1141	67,9	1222
172,7	61,4	1105	65,2	1174	70,0	1260
175,2	63,2	1138	67,0	1206	72,0	1296
177,8	65,0	1170	68,9	1240	74,1	1334